

371 | Juni 1978

SCHRIFTENREIHE SCHIFFBAU

V. Flörcke

Zwei Programme auf der Basis halbanalytischer Volumenelemente

TUHH

Technische Universität Hamburg-Harburg

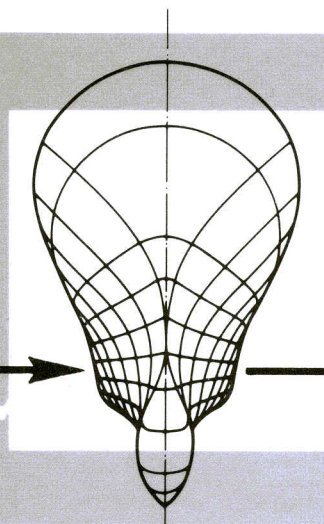
Zwei Programme auf der Basis halbanalytischer Volumenelemente

V. Flörcke, 1. Auflage, Hamburg, Technische Universität Hamburg-Harburg, 1978

© Technische Universität Hamburg-Harburg
Schriftenreihe Schiffbau
Schwarzenbergstraße 95c
D-21073 Hamburg

<http://www.tuhh.de/vss>

INSTITUT FÜR SCHIFFBAU
DER UNIVERSITÄT HAMBURG

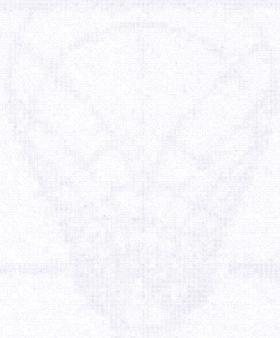


Zwei Programme auf der Basis halbanalytischer
Volumenelemente

V. Flörcke

Juni 1978

Bericht Nr. 371



Diese Arbeit ist im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 98
"Schiffstechnik und Schiffbau" entstanden.

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung
2. Entwicklung des Steifigkeitskonzepts für ein Zylinderschalenelement
 - a. Aufstellen des Verschiebungsansatzes
 - b. Herleitung der Dehnungsmatrix B
 - c. Rechenoperationen zur Steifigkeitsmatrix
 - d. Äquivalente Knotenkräfte für konstante Streckenlast in z -Richtung
 - e. Aufstellen der Spannungsmatrix
3. Steifigkeitskonzept für ein dreieckiges Volumenelement
4. Testbeispiel
5. Literaturverzeichnis
6. Anhang I: Tafeln
7. Anhang II: Dateneingabe, Protokolle Ergebnisausdruck

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen der im Gesamtkonzept des Sonderforschungsbereiches 98 "Schiffstechnik und Schiffbau" vorhandenen Optimierungsgedanken wurden Überlegungen angestellt, neue Rechenmethoden bei der Berechnung der Tragfähigkeit der Konstruktion einzusetzen. Der große Vorteil der Methode der Finiten Elemente besteht in ihrer guten Anpassungsfähigkeit an geometrisch komplizierte Strukturen. Sehr oft hat man es aber mit Bereichen in einer Konstruktion zu tun, für die sich zumindest in einer Koordinatenrichtung weder die geometrischen Daten noch die Materialeigenschaften ändern. Läßt sich außerdem die Belastung in dieser Richtung durch einfache Funktionen beschreiben, kann man bei der Berechnung das ursprüngliche Problem um eine Dimension reduzieren, so daß sich für die restlichen Richtungen eine normale FE-Rechnung ergibt. Durch diese Maßnahme lassen sich Speicherplatzbedarf und Rechenzeit erheblich verringern, ohne dadurch eine wesentliche Einbuße an Genauigkeit in Kauf nehmen zu müssen. In /1/ wird über diese Methode und ihre Anwendung auf Platten ausführlich berichtet. In /2/ wird die Anwendbarkeit von analytischen und halbanalytischen Verfahren auf schiffbauliche Tragwerke untersucht. Dabei wird für Stab-, Balken-, Scheiben- und Plattenansätze ein Katalog von Elementen erarbeitet, zu dem die einzelnen Steifigkeits- und Übertragungsmatrizen bzw. die geschlossenen Lösungen ermittelt werden.

In dieser Arbeit sollen sowohl ein Zylinderschalen- als auch ein dreieckiges Volumenelement vorgestellt werden. Beiden liegt in der r - φ -Ebene bzw. x - y -Ebene ein FE-Ansatz zugrunde, während in der z -Richtung ein Last- bzw. Verformungsansatz mit Hilfe der Aufsummierung von Winkelfunktionen vorliegt. Zur Erzielung freier Auflagen an den Enden wurden in u - und v -Richtung ein $\sin$ -Ansatz und in w -Richtung ein $\cos$ -Ansatz über die Länge in z -Richtung gewählt. Um an beiden Enden in z -Richtung gleiche Bedingungen zu erzielen, kamen nur die symmetrischen Winkelfunktionen

$$\sin \frac{n\pi z}{e} \quad \text{bzw.} \quad \cos \frac{n\pi z}{e} \quad \text{mit } n = 1, 3, 5, \dots$$

in Betracht.

Im Folgenden soll die Steifigkeitsmatrix für ein Zylinderschalenenelement nach einem Ansatz, wie er in /3/ vorgeschlagen wird, hergeleitet werden. Die Herleitung für ein dreieckiges Volumenelement geschieht in analoger Weise.

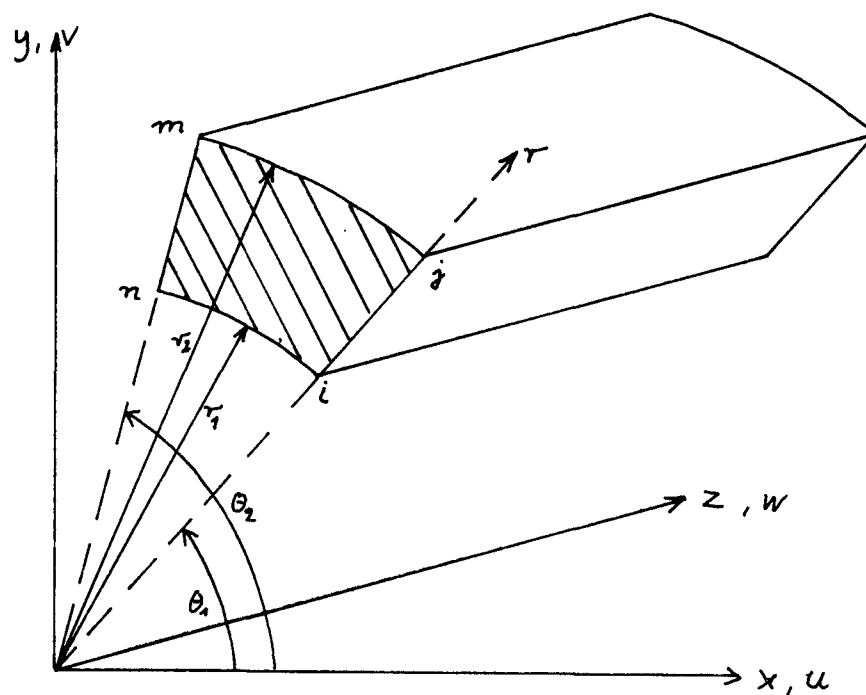
2. Entwicklung des Steifigkeitskonzepts für ein Zylinderschalenenelement

In der FE-Technik gilt für ein Element folgende Beziehung zwischen Kräften und Knotenverformungen:

$$\{P_k\} = [K] \{\delta_k\} \quad (1)$$

Aus dieser Gleichung muß aus den bekannten geometrischen Größen und dem gewählten Verschiebungsansatz zwischen den Knoten die Elementsteifigkeitsmatrix aufgebaut werden.

a. Aufstellen des Verschiebungsansatzes



$$d = \frac{r_2}{r_1}$$

$$\beta = \theta_2 - \theta_1$$

Nach /3/ wird folgender Verschiebungsansatz gewählt:

$$u = \sum [L_1 \ L_2 \ L_3 \ L_4] \sin \frac{n \pi z}{e} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \\ u_n \end{Bmatrix}$$

$$v = \sum [L_1 \ L_2 \ L_3 \ L_4] \sin \frac{n \pi z}{e} \begin{Bmatrix} v_i \\ v_j \\ v_m \\ v_n \end{Bmatrix}$$

$$w = \sum [L_1 \ L_2 \ L_3 \ L_4] \cos \frac{n \pi z}{e} \begin{Bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_m \\ w_n \end{Bmatrix}$$

Darin bedeuten:

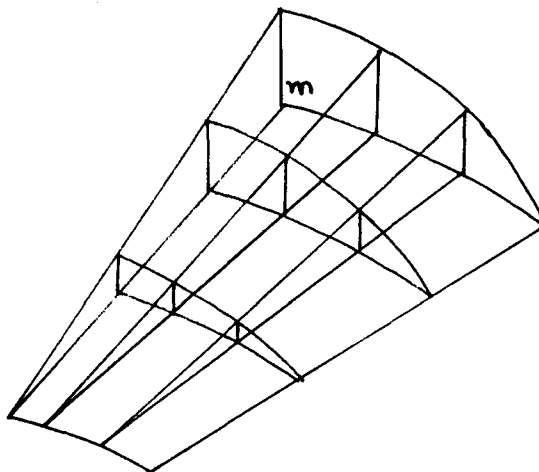
$$L_1 = \frac{\frac{r}{r_1} - d}{1 - d} \cos \left[\frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right]$$

$$L_2 = \frac{\frac{r}{r_1} - 1}{d - 1} \cos \left[\frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right]$$

$$L_3 = \frac{\frac{r}{r_1} - 1}{d - 1} \cos \left[\frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right]$$

$$L_4 = \frac{\frac{r}{r_1} - d}{1 - d} \cos \left[\frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right]$$

Dieser Ansatz beruht auf einer linearen Verschiebungsvariation in r-Richtung und einer cos-förmigen Variation in θ -Richtung. Dadurch sieht das Verschiebungsfeld z.B. für den Knoten m folgendermaßen aus:



Für weniger anspruchsvolle Verformungsansätze ist eine lineare Variation in θ vorgesehen.

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{\frac{r}{r_2} - d}{1 - d} \frac{\theta_2 - \theta}{\beta} \\ L_2 &= \frac{\frac{r}{r_1} - 1}{d - 1} \frac{\theta_2 - \theta}{\beta} \\ L_3 &= \frac{\frac{r}{r_1} - 1}{d - 1} \frac{\theta - \theta_1}{\beta} \\ L_4 &= \frac{\frac{r}{r_2} - d}{1 - d} \frac{\theta - \theta_1}{\beta} \end{aligned}$$

Zur Vereinfachung wird für die weiteren Formeln gesetzt:

$$c_1 = \sin \frac{n r_2}{e} \quad c_2 = \cos \frac{n r_2}{e}$$

Die Verformung in Abhängigkeit von r , θ und z kann man nach /4/ ausdrücken durch:

$$\begin{aligned} f &= [N_{(r,\theta,z)}] \cdot \{d_k\} \\ &= \sum_n \left([\overline{N}_{(r,\theta)}] \sin \frac{n r_2}{e} + [\overline{\overline{N}}_{(r,\theta)}] \cos \frac{n r_2}{e} \right) \cdot \{d_k\} \end{aligned}$$

Darin lassen sich die Formfunktionsmatrizen $[\overline{N}]$ und $[\overline{\overline{N}}]$ ausdrücken durch die bei den Verschiebungsansätzen benutzten Beziehungen.

$$[\overline{N}_{(r,\theta)}] = \begin{bmatrix} L_1 & 0 & 0 & L_2 & 0 & 0 & L_3 & 0 & 0 & L_4 & 0 & 0 \\ 0 & L_1 & 0 & 0 & L_2 & 0 & 0 & L_3 & 0 & 0 & L_4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[\overline{\overline{N}}_{(r,\theta)}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & L_1 & 0 & 0 & L_2 & 0 & 0 & L_3 & 0 & 0 & L_4 \end{bmatrix}$$

Nach Aufteilung in die vier Knoten lässt sich die Beziehung folgendermaßen schreiben:

$$\{f\} = \begin{Bmatrix} U \\ V \\ W \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 C_1 & 0 & 0 & | & L_2 C_1 & 0 & 0 & | & L_3 C_1 & 0 & 0 & | & L_4 C_1 & 0 & 0 \\ 0 & L_1 C_1 & 0 & | & 0 & L_2 C_1 & 0 & | & 0 & L_3 C_1 & 0 & | & 0 & L_4 C_1 & 0 \\ 0 & 0 & L_1 C_2 & | & 0 & 0 & L_2 C_2 & | & 0 & 0 & L_3 C_2 & | & 0 & 0 & L_4 C_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{matrix} [N_i] & [N_j] & [N_m] & [N_n] \end{matrix}$$

b. Herleitung der Dehnungsmatrix [B]

Eine typische Untermatrix der gesamten Steifigkeitsmatrix [K] lautet:

$$[k_{ij}] = \int_V [B_i]^T [D] [B_j] dV \quad \text{mit } dV = r dr d\theta dz \quad (2)$$

Zur Durchführung dieser Operation müssen das Stoffgesetz [D] und die Dehnungsmatrizen [B] bekannt sein.

Das Stoffgesetz [D], das die Spannungen und Verzerrungen zueinander in Beziehung setzt, erhält man aus der Beziehung:

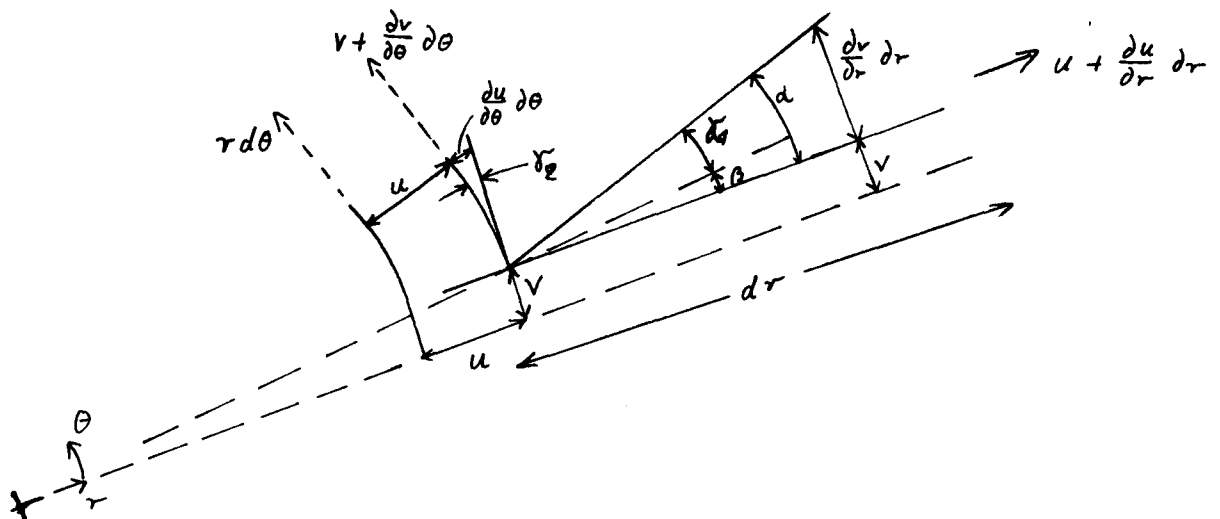
$$\begin{Bmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_\theta \\ \epsilon_z \\ \tau_{r\theta} \\ \tau_{\theta z} \\ \tau_{zr} \end{Bmatrix} = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 & 0 & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_r \\ \epsilon_\theta \\ \epsilon_z \\ \epsilon_{r\theta} \\ \epsilon_{\theta z} \\ \epsilon_{zr} \end{Bmatrix} \quad (3)$$

Die Dehnungsmatrizen erhält man durch die Multiplikation des Dehnungsoperators $[\Delta]$ mit der Matrix der Formfunktionen.

$$[B] = [\Delta] [N]$$

Beim Arbeiten in Zylinderkoordinaten gelten andere Verzerrungs-Dehnungsbeziehungen als beim Arbeiten in Kartesischen Koordinaten. Diese Beziehungen sind im Folgenden dargestellt.

Verzerrung-Verformungsbeziehungen in der Ebene (r, θ)



$$\epsilon_{\theta} = \frac{(r+u) d\theta + v + \frac{\partial v}{\partial \theta} d\theta - v - r d\theta}{r d\theta} = \frac{u}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial v}{\partial \theta}$$

$$\gamma_{r\theta} = \gamma_1 + \gamma_2$$

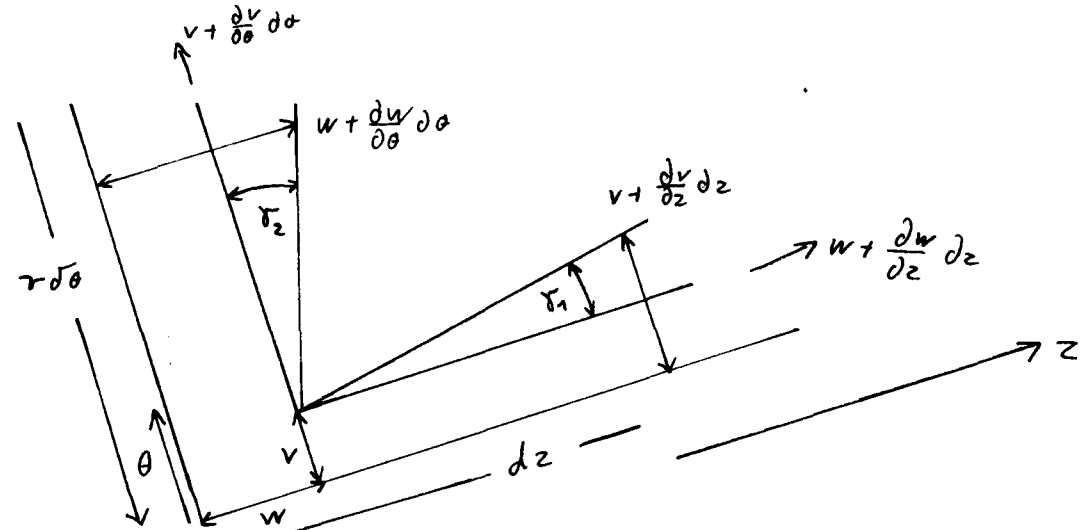
$$\gamma_2 = \frac{\frac{\partial u}{\partial \theta} d\theta}{r d\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta}$$

$$\gamma_1 = \alpha - \beta = \frac{\frac{\partial v}{\partial r} dr}{dr} - \frac{v}{r} = \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}$$

$$\gamma_{r\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}$$

$$\epsilon_r = \frac{u + \frac{\partial u}{\partial r} dr - u}{dr} = \frac{\partial u}{\partial r}$$

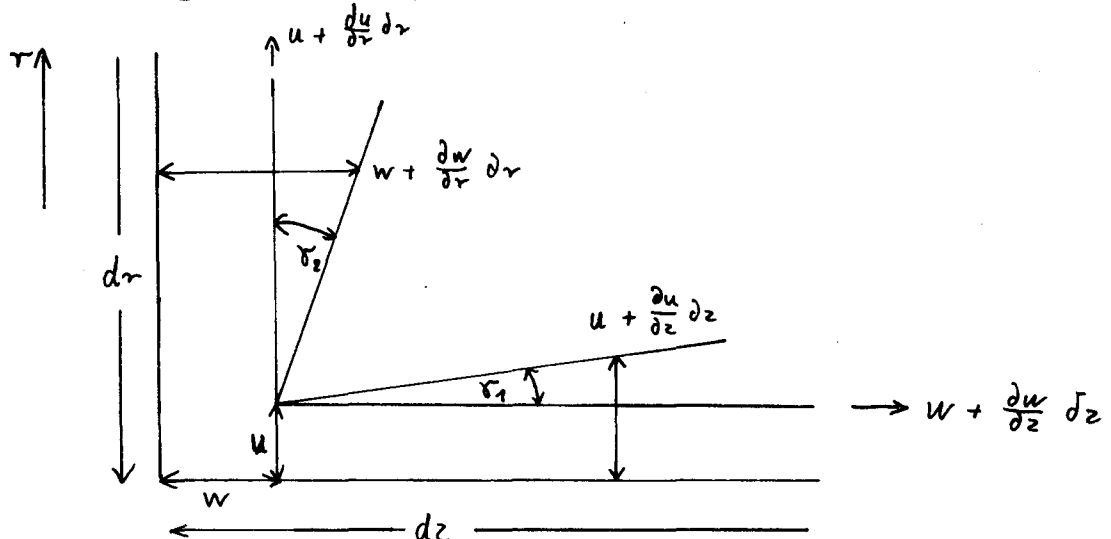
Verzerrungs-Verformungsbeziehungen in der Ebene (θ, z)



$$\epsilon_z = \frac{w + \frac{\partial w}{\partial z} dz - w}{dz} = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\sigma_{\theta z} = \sigma_1 + \sigma_2 = \frac{\partial v}{\partial z} dz + \frac{\frac{\partial w}{\partial \theta} d\theta}{r d\theta} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial \theta}$$

Verzerrungs-Verformungsbeziehungen in der Ebene (r, z)



$$\epsilon_z = \frac{w + \frac{\partial w}{\partial z} dz - w}{dz} = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\epsilon_z = \frac{w + \frac{\partial w}{\partial z} dz - w}{dz} = \frac{\partial w}{\partial z}$$

$$\sigma_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} dz + \frac{\frac{\partial w}{\partial r} dr}{dr} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}$$

Somit lautet der Dehnungsoperator bei Zylinderkoordinaten:

$$[\Delta] = \begin{bmatrix} \frac{d}{dr} & 0 & 0 \\ \frac{1}{r} & \frac{1}{r} \frac{d}{d\theta} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{d}{dz} \\ \frac{d}{dz} & 0 & \frac{d}{dr} \\ \frac{1}{r} \frac{d}{d\theta} & \frac{d}{dr} - \frac{1}{r} & 0 \\ 0 & \frac{d}{dz} & \frac{1}{r} \frac{d}{d\theta} \end{bmatrix}$$

Für die Dehnungsmatrix für den Knoten i ergibt sich folgende Beziehung:

$$[B_i] = \begin{bmatrix} \frac{dL_1}{dr} c_1 & 0 & 0 \\ \frac{L_1}{r} c_1 & \frac{1}{r} \frac{dL_1}{d\theta} c_1 & 0 \\ 0 & 0 & L_1 \frac{dC_2}{dz} \\ L_1 \frac{dC_1}{dz} & 0 & \frac{dL_1}{dr} c_2 \\ \frac{1}{r} \frac{dL_1}{d\theta} c_1 & \left(\frac{dL_1}{dr} - \frac{L_1}{r} \right) c_1 & 0 \\ 0 & L_1 \frac{dC_1}{dz} & \frac{1}{r} \frac{dL_1}{d\theta} c_2 \end{bmatrix}$$

Für die Matrizen $[B_j]$, $[B_m]$, $[B_n]$ lassen sich ähnliche Ausdrücke herleiten.

Setzt man die Matrizen für B in Gleichung (2) ein, so kann man feststellen, daß die Matrix folgende Integrale enthält:

$$J_1 = \int_0^e \sin \frac{n r_2}{e} \cos \frac{n r_2}{e} dz$$

$$J_2 = \int_0^e \sin \frac{n r_2}{e} \sin \frac{m r_2}{e} dz$$

$$J_3 = \int_0^e \cos \frac{n r_2}{e} \cos \frac{m r_2}{e} dz$$

Aufgrund der Orthogonalitätseigenschaften der sin-Funktion und der cos-Funktion gilt

$$I_2 = I_3 = 0 \quad \text{für } n \neq m \quad \text{und } n, m = 1, 2, 3 \dots$$

Das Integral I_1 ist nur dann gleich 0, wenn m oder n beide geradzahlig oder ungeradzahlig sind. Da diese Bedingung in dem gewählten Verschiebungsansatz berücksichtigt wurde, gilt auch

$$I_1 = 0$$

Daraus folgt, daß unter diesen Voraussetzungen das große Gleichungssystem über die Reihenansätze entfaltet werden kann und in n Einzelprobleme zerfällt.

$$\sum_n \{p_k\}_n = \sum_n [K]_n \{d_k\}_n$$

$$\hookrightarrow \begin{Bmatrix} p_{k1} \\ p_{k2} \\ p_{k3} \\ \vdots \\ p_{kn} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} [K_1] & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & [K_2] & 0 & & \\ 0 & 0 & [K_3] & & \\ \vdots & & & \ddots & \\ 0 & & & & [K_n] \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} d_{k1} \\ d_{k2} \\ d_{k3} \\ \vdots \\ d_{kn} \end{Bmatrix}$$

c. Rechenoperationen zur Steifigkeitsmatrix

Am Beispiel der Dehnungsmatrix für den Knoten "i" soll das weitere Vorgehen deutlich gemacht werden.

Im Abschnitt 1. wurde schon angedeutet daß eine Aufspaltung in sin- und cos-Anteile des Arguments $\frac{n\pi z}{e}$ in

$$[B_i]_n = [\bar{B}_i]_n \sin \frac{n\pi z}{e} + [\underline{B}_i] \cos \frac{n\pi z}{e}$$

sinnvoll ist.

Als weiteren Schritt zur Unterteilung benutzt man die sin- und cos-Anteile des Argumentes $\frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1)$. Damit ergibt sich für den Knoten "i" folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} [B_i] = \sin \frac{n\pi z}{e} \left\{ [\overline{B_i^1}] \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} + [\overline{B_i^2}] \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \right\} \\ + \cos \frac{n\pi z}{e} \left\{ [\overline{\overline{B_i^1}}] \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} + [\overline{\overline{B_i^2}}] \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \right\} \end{aligned}$$

Darin kommen folgende Untermatrizen vor:

$$[\overline{B_i^1}]_n = \frac{1}{1-d} \begin{bmatrix} \frac{1}{r_1} & 0 & 0 \\ \frac{1}{r} \left(\frac{r}{r_1} - d \right) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{n\pi}{e} \left(\frac{r}{r_1} - d \right) \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\alpha}{r} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[\overline{B_i^2}]_n = \left(-\frac{\pi}{2\beta} \right) \frac{1}{r} \frac{\frac{r}{r_1} - d}{1-d} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$\overline{\overline{[B_i^1]}}_n = \frac{1}{1-d} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ \frac{n\pi}{\ell} \left(\frac{r}{r_1} - d \right) & 0 & \frac{1}{r_1} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{n\pi}{\ell} \left(\frac{r}{r_1} - d \right) & 0 \end{bmatrix}$$

$$\overline{\overline{[B_i^2]}}_n = \left(-\frac{\pi}{2\beta} \right) \frac{1}{r} \frac{\frac{r}{r_1} - d}{1-d} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Die einzelnen Dehnungsmatrizen für die Knoten j, m und n sind ähnlich aufgebaut. Es zeigt sich, daß die Untermatrizen für die Knoten m und n mit Ausnahme der Vorfaktoren denen der Knoten j und i entsprechen.

Das weitere Vorgehen geschieht nach folgendem Schema:

$$[K]_n = \int_0^{\ell} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_1}^{r_2} [B]_m^T [D] [B]_n r dr d\theta dz$$

	$[D]$	$[B_i]$	$[B_j]$	$[B_m]$	$[B_n]$
$[B_i]^T$	$[B_i]^T [D]$	$[K_{ii}]$	$[K_{ij}]$	$[K_{im}]$	$[K_{in}]$
$[B_j]^T$	$[B_j]^T [D]$	$[K_{ji}]$	$[K_{jj}]$	$[K_{jm}]$	$[K_{jn}]$
$[B_m]^T$	$[B_m]^T [D]$	$[K_{mi}]$	$[K_{mj}]$	$[K_{mm}]$	$[K_{mn}]$
$[B_n]^T$	$[B_n]^T [D]$	$[K_{ni}]$	$[K_{nj}]$	$[K_{nm}]$	$[K_{nn}]$

Berücksichtigt man nun noch die Unterteilung der einzelnen Untermatrizen in sin- und cos-Anteile der Argumente z und θ , so ergeben sich 32 Baumatrizen, aus denen die Steifigkeitsmatrix $[K]_n$ nach folgendem Schema zusammengesetzt wird:

$$\begin{bmatrix} \times & \times & \times \\ \times & \times & \times \\ \times & \times & \times \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \times & & \times \\ & \times & \\ \times & & \times \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \times & & \\ & \times & \\ & & \times \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \times & \times & \times \\ & \times & \\ \times & & \times \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & & \\ & & \\ & & \times \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & \times & \\ \times & & \\ & \times & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & \times & \\ \times & & \times \\ & \times & \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & & \times \\ & \times & \\ & & \times \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} & & \\ & & \times \\ & & \times \end{bmatrix}$$

$$\begin{array}{cccccccc}
 \overline{[K_{ii}^{11}]} & \overline{[K_{ii}^{22}]} & \overline{[K_{ii}^{44}]} & \overline{[K_{ii}^{22}]} & \overline{[K_{ii}^{12}]} & \overline{[K_{ii}^{24}]} & \overline{[K_{ii}^{12}]} & \overline{[K_{ii}^{24}]} \\
 \overline{[K_{ij}^{11}]} & \overline{[K_{ij}^{22}]} & \overline{[K_{ij}^{44}]} & \overline{[K_{ij}^{22}]} & \overline{[K_{ij}^{12}]} & \overline{[K_{ij}^{24}]} & \overline{[K_{ij}^{12}]} & \overline{[K_{ij}^{24}]} \\
 \overline{[K_{jj}^{11}]} & \overline{[K_{jj}^{22}]} & \overline{[K_{jj}^{44}]} & \overline{[K_{jj}^{22}]} & \overline{[K_{jj}^{12}]} & \overline{[K_{jj}^{24}]} & \overline{[K_{jj}^{12}]} & \overline{[K_{jj}^{24}]} \\
 \overline{[K_{ji}^{11}]} & \overline{[K_{ji}^{22}]} & \overline{[K_{ji}^{44}]} & \overline{[K_{ji}^{22}]} & \overline{[K_{ji}^{12}]} & \overline{[K_{ji}^{24}]} & \overline{[K_{ji}^{12}]} & \overline{[K_{ji}^{24}]}
 \end{array}$$

Die Rechenvorschriften zur Ermittlung der einzelnen Baumatrizen sind in Tafel 1 dargestellt. Es zeigt sich, daß sich 12 Baumatrizen durch Transponierung bereits errechneter Matrizen ermitteln lassen. Bei der Integration über r muß jedes Glied der Baumatrizen einzeln integriert werden. Die Integration über z und θ dagegen beschränkt sich auf die Faktoren vor den Matrizen. Im Einzelnen müssen dabei die in Tafel 2 angegebenen Integrale gelöst werden, deren Berechnung nach /5/ geschieht.

Unter Berücksichtigung der einzelnen Baumatrizen und der entsprechenden Vorfaktoren ergeben sich für die einzelnen Untermatrizen die Rechenvorschriften zum Zusammenbau der Steifigkeitsmatrix für ein Element, wie sie in Tafel 3 angegeben sind.

d. Äquivalente Knotenkräfte für konstante Streckenlast in z -Richtung

In Gleichung (1) wurde die grundsätzliche Beziehung zwischen den Knotenkräften und den Knotenverschiebungen dargestellt. Direkt am Knoten wirkende Kräfte sind jedoch ein Einzelfall der tatsächlich möglichen Belastungen. Die Beziehung zwischen den im Feld verteilten Belastungen und den Ersatzknotenkräften geschieht über die Bedingung, daß die Arbeit der verteilten Lasten an den Verformungen im Feld gleich sein muß den Arbeiten der Knotenkräfte an den Knotenverschiebungen.

$$\{\delta_k\}^T \{P_k\} = \int_F f \cdot Q \, dF$$

Diese Beziehung läßt sich nur lösen, wenn sowohl für f als auch für Q der Verlauf im Feld bekannt ist. Der Verlauf für $\{\delta\}$ ergibt sich aus dem angenommenen Verschiebungsansatz; für Q muß ein Funktions- oder Reihenansatz gesucht werden, der den tatsächlichen Verlauf möglichst exakt beschreibt.

$$f = [N] \{ \delta_k \}$$

$$Q = [\varphi] \{ Q_k \}$$

Darin bedeutet N die Formfunktion der Verschiebungen und $[\varphi]$ die Formfunktion der Kräfte. Aus diesen Gleichungen lassen sich nach einigen Umformungen die Beziehungen für die äquivalenten Knotenkräfte herleiten.

$$\{ P_k \} = \int_F [N]^T [\varphi] \{ Q_k \} dF$$

Für das Zylinderschalenelement wird bei einem linearen Verformungsansatz als Beispiel konstante Flächenlast auf der inneren Begrenzungsfläche angenommen. Für diese Fläche gilt

mit $r = r_1 : L_2 = L_3 = 0$ und $dF = r_1 d\theta dz$

Eine konstante Streckenlast in z -Richtung läßt sich nach /6/ entwickeln zu:

$$q(z) = \frac{4q_0}{\pi} \sum_n \frac{1}{n} \sin\left(\frac{n\pi z}{\ell}\right) \text{ mit } n = 1, 3, 5, 7 \dots$$

Für eine solche Belastung lassen sich die äquivalenten Knotenkräfte für die Knoten i und n folgendermaßen ermitteln:

$$\{ P_k \}_n = \frac{4}{n\pi} \int_0^\ell \int_{\theta_1}^{\theta_2} \begin{bmatrix} L_1^2 & 0 & 0 & L_1 L_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ L_1 L_4 & 0 & 0 & L_4^2 \end{bmatrix} \sin^2 \frac{n\pi z}{\ell} \begin{Bmatrix} q_0 \\ 0 \\ 0 \\ q_0 \end{Bmatrix} r_1 d\theta dz$$

$$\{ P_k \}_n = \begin{Bmatrix} P_{ki} \\ 0 \\ 0 \\ P_{kn} \end{Bmatrix} = \frac{4q_0}{n\pi} \frac{r_1 \ell}{2} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \begin{bmatrix} L_1^2 + L_1 L_4 \\ 0 \\ 0 \\ L_4^2 + L_1 L_4 \end{bmatrix} d\theta$$

$$\text{mit } L_1 = \frac{\theta_2 - \theta}{\theta_2 - \theta_1} \quad \text{und} \quad L_4 = \frac{\theta - \theta_1}{\theta_2 - \theta_1}$$

Für die einzelnen Knotenkräfte eines Elementes ergibt sich nach der Integration:

$$\{P_{ki}\}_n = \{P_{kn}\}_n = \frac{q_0 \ell}{n} \frac{\tau_i}{\pi} \frac{\theta_2 - \theta_1}{\pi}$$

Bei anderen Belastungsarten muß ähnlich verfahren werden. So ergibt sich für eine konstante Streckenlast längs einer Knotenlinie:

$$\{P_k\}_n = \frac{2 q_0 \ell}{n \pi}$$

e. Aufstellen der Spannungsmatrix

Zur Ermittlung der Spannungen gilt folgende Beziehung:

$$\{\epsilon\}_n = [D] \{\epsilon\}_n = [D] [\Delta] [N]_n \{\sigma_k\}_n = [D] [B]_n \{\sigma_k\}_n$$

Da alle in der Gleichung vorkommenden Größen bisher schon benutzt wurden, beschränkt sich die Spannungsermittlung auf das Durchführen von Matrizenmultiplikationen nach dem Schema in Tafel 4.

3. Steifigkeitskonzept für ein dreieckiges Volumenelement

Die Durchführung des Steifigkeitskonzeptes beim dreieckigen Volumenelement geschieht in analoger Weise zum viereckigen Zylinderschalenelement.

Der Verformungsansatz lautet:

$$u = \sum_n [L_1 \ L_2 \ L_3] \sin \frac{n R z}{\ell} \begin{Bmatrix} u_i \\ u_j \\ u_m \end{Bmatrix}_n$$

$$v = \sum_n [L_1 \ L_2 \ L_3] \sin \frac{n R z}{\ell} \begin{Bmatrix} v_i \\ v_j \\ v_m \end{Bmatrix}_n$$

$$w = \sum_n [L_1 \ L_2 \ L_3] \cos \frac{n R z}{\ell} \begin{Bmatrix} w_i \\ w_j \\ w_m \end{Bmatrix}_n$$

Darin sind L_1 , L_2 und L_3 die Flächenkoordinaten mit der Definition:

$$L_1 = \frac{1}{2A} \{ (x_2 y_3 - x_3 y_2) + (y_2 - y_3) x + (x_3 - x_2) y \}$$

$$L_2 = \frac{1}{2A} \{ (x_1 y_3 - x_3 y_1) + (y_1 - y_3) x + (x_3 - x_1) y \}$$

$$L_3 = \frac{1}{2A} \{ (x_1 y_2 - x_2 y_1) + (y_1 - y_2) x + (x_2 - x_1) y \}$$

$$A = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & x_3 & y_3 \end{vmatrix}$$

Zur Herleitung der Dehnungsmatrix $[B]$ wird der Operator $[\Delta]$ benutzt, so daß sich für $[B]$ die Matrix folgenden Types ergibt:

$$\begin{bmatrix} \frac{dL_i}{dx} \sin \frac{n\pi z}{e} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{dL_i}{dy} \sin \frac{n\pi z}{e} & 0 \\ 0 & 0 & (-\frac{n\pi}{e}) L_i \sin \frac{n\pi z}{e} \\ (\frac{n\pi}{e}) L_i \cos \frac{n\pi z}{e} & 0 & \frac{dL_i}{dx} \cos \frac{n\pi z}{e} \\ \frac{dL_i}{dy} \sin \frac{n\pi z}{e} & \frac{dL_i}{dx} \sin \frac{n\pi z}{e} & 0 \\ 0 & (\frac{n\pi}{e}) L_i \cos \frac{n\pi z}{e} & \frac{dL_i}{dy} \cos \frac{n\pi z}{e} \end{bmatrix}$$

Die Aufspaltung in sin- und cos-Anteile des Argumentes $\frac{n\pi z}{e}$ geschieht nach Tafel 5.

Die Rechenoperationen zur Steifigkeitsmatrix werden durch die einfachen Integrationsregeln bei Flächenkoordinaten vereinfacht.

$$\int_A L_1^i L_2^j L_3^k dA = \frac{i! j! k!}{(i+j+k+2)!} \cdot 2A$$

Zur Trennung der Reihenansätze sowie zur Berechnung der äquivalenten Knotenkräfte und der Spannungen gelten dieselben Aussagen wie für das viereckige Element.

4. Testbeispiel

Zur Überprüfung und Erläuterung der Ergebnisse sollen beide Programme an einem Beispiel angewandt werden. Dazu wird ein Balken betrachtet, der 3 cm hoch, 8 cm breit und 100 cm lang ist und mit einer konstanten Flächenlast von 2,5 kp/cm² belastet ist.

Die Unterteilung in die Elemente für Rohrelement und Dreieckselement ist aus Tafel 6 ersichtlich.

Die einfache Balkenrechnung nach Hütte liefert eine Durchbiegung $f = 0,689$ cm und eine Maximalspannung von $\sigma = 2083$ kp/cm². Die halbanalytische FE-Rechnung liefert mit dem Rohrelement eine Durchbiegung von $0,675$ cm und mit dem Dreieckselement eine Durchbiegung von $0,662$ cm. Da die Durchbiegungen in der FE-Rechnung für die Knoten eines jeden Elementes und somit für die Kontur des Bauteils berechnet werden, können sie direkt mit der Balkenrechnung verglichen werden. Dieses ist bei den Spannungen nicht möglich, da sie für die jeweilige Elementmitte berechnet werden und somit erst auf den entsprechenden Elementrand der Kontur umgerechnet werden müssen. Als Ergebnis dieser Umrechnung erhält man beim Rohrelement eine Rand-

spannung von $\sigma = 2020 \text{ kp/cm}^2$ und beim Dreieckselement $\sigma = 2050 \text{ kp/cm}^2$.

An diesem einfachen Beispiel liefern Rohr- und Dreieckselement gute Übereinstimmung mit einer Balkenrechnung. Der zukünftige Einsatz dieser Elemente sowie eine weitere Beurteilung ihrer Genauigkeit und Eignung für Projektstudien bei Optimierungsrechnungen muß anderen Teilprojekten überlassen bleiben.

5. Literaturverzeichnis

- /1/ Cheung, Y.K.:
Finite Strip Method in Structural Analysis
Pergamon Press 1976

- /2/ Lehmann, E.:
Analytische und halbanalytische Elemente
zur Konstruktionsberechnung schiffbau-
licher Tragwerke
IfS-Bericht Nr. 344, August 1976

- /3/ Raju, I.S.; Rao, A.K.:
Stiffness Matrices for Sector Elements
AIAA-Journal 1969, Vol. 7, No. 1

- /4/ Zienkiewicz, O.C.:
Methode der finiten Elemente
Carl Hanser Verlag München, Wien, 1975

- /5/ Gröbner, W.; Hofreiter, N.:
Integraltafeln
Springer-Verlag, Wien, 1961

- /6/ Bronstein, I.; Semendjajew, K.:
Taschenbuch der Mathematik
Verlag Harri Deutsch, Zürich und Frankfurt/Main

6. Anhang I:

Tafeln

$$\int_0^b \sin^2 \left(\frac{n\pi z}{b} \right) dz = \frac{b}{2}$$

$$\int_0^b \cos^2 \left(\frac{n\pi z}{b} \right) dz = \frac{b}{2}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos^2 \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} d\theta = \frac{\beta}{2}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} d\theta = \frac{\beta}{2}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos^2 \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = \frac{\beta}{2}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin^2 \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = \frac{\beta}{2}$$

$$\int_0^b \sin \left(\frac{n\pi z}{b} \right) \cos \left(\frac{n\pi z}{b} \right) dz = 0$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = \frac{\beta}{\pi}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = -\frac{\beta}{\pi}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} d\theta = \frac{\beta}{\pi}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = -\frac{\beta}{\pi}$$

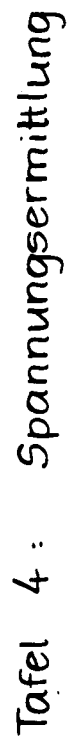
$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = -\frac{\beta}{2}$$

$$\int_{\theta_1}^{\theta_2} \sin \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_1) \right\} \cos \left\{ \frac{\pi}{2\beta} (\theta - \theta_2) \right\} d\theta = \frac{\beta}{2}$$

Tafel 2: Integrale

$$\begin{aligned}
[K_{ii}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ii}^{11}}] + [\overline{K_{ii}^{22}}] + [\overline{K_{ii}^{11}}] + [\overline{K_{ii}^{22}}] \right\} + \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ii}^{12}}] + [\overline{K_{ii}^{21}}] + [\overline{K_{ii}^{12}}] + [\overline{K_{ii}^{21}}] \right\} \\
[K_{ij}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ij}^{11}}] + [\overline{K_{ij}^{22}}] + [\overline{K_{ij}^{11}}] + [\overline{K_{ij}^{22}}] \right\} + \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ij}^{12}}] + [\overline{K_{ij}^{21}}] + [\overline{K_{ij}^{12}}] + [\overline{K_{ij}^{21}}] \right\} \\
[K_{im}] &= \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ij}^{11}}] - [\overline{K_{ij}^{22}}] + [\overline{K_{ij}^{11}}] - [\overline{K_{ij}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ij}^{12}}] - [\overline{K_{ij}^{21}}] + [\overline{K_{ij}^{12}}] - [\overline{K_{ij}^{21}}] \right\} \\
[K_{in}] &= \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ii}^{11}}] - [\overline{K_{ii}^{22}}] + [\overline{K_{ii}^{11}}] - [\overline{K_{ii}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ii}^{12}}] - [\overline{K_{ii}^{21}}] + [\overline{K_{ii}^{12}}] - [\overline{K_{ii}^{21}}] \right\} \\
[K_{jj}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{jj}^{11}}] + [\overline{K_{jj}^{22}}] + [\overline{K_{jj}^{11}}] + [\overline{K_{jj}^{22}}] \right\} + \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{jj}^{12}}] + [\overline{K_{jj}^{21}}] + [\overline{K_{jj}^{12}}] + [\overline{K_{jj}^{21}}] \right\} \\
[K_{jm}] &= \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{jj}^{11}}] - [\overline{K_{jj}^{22}}] + [\overline{K_{jj}^{11}}] - [\overline{K_{jj}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{jj}^{12}}] - [\overline{K_{jj}^{21}}] + [\overline{K_{jj}^{12}}] - [\overline{K_{jj}^{21}}] \right\} \\
[K_{jn}] &= \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ji}^{11}}] - [\overline{K_{ji}^{22}}] + [\overline{K_{ji}^{11}}] - [\overline{K_{ji}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ji}^{12}}] - [\overline{K_{ji}^{21}}] + [\overline{K_{ji}^{12}}] - [\overline{K_{ji}^{21}}] \right\} \\
[K_{mm}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{jj}^{11}}] + [\overline{K_{jj}^{22}}] + [\overline{K_{jj}^{11}}] + [\overline{K_{jj}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{jj}^{12}}] + [\overline{K_{jj}^{21}}] + [\overline{K_{jj}^{12}}] + [\overline{K_{jj}^{21}}] \right\} \\
[K_{mn}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ji}^{11}}] + [\overline{K_{ji}^{22}}] + [\overline{K_{ji}^{11}}] + [\overline{K_{ji}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ji}^{12}}] + [\overline{K_{ji}^{21}}] + [\overline{K_{ji}^{12}}] + [\overline{K_{ji}^{21}}] \right\} \\
[K_{nn}] &= \frac{b\beta}{4} \left\{ [\overline{K_{ii}^{11}}] + [\overline{K_{ii}^{22}}] + [\overline{K_{ii}^{11}}] + [\overline{K_{ii}^{22}}] \right\} - \frac{b\beta}{2\pi} \left\{ [\overline{K_{ii}^{12}}] + [\overline{K_{ii}^{21}}] + [\overline{K_{ii}^{12}}] + [\overline{K_{ii}^{21}}] \right\}
\end{aligned}$$

Tafel 3 : Aufbau der Untermatrizen aus den Baummatrizen

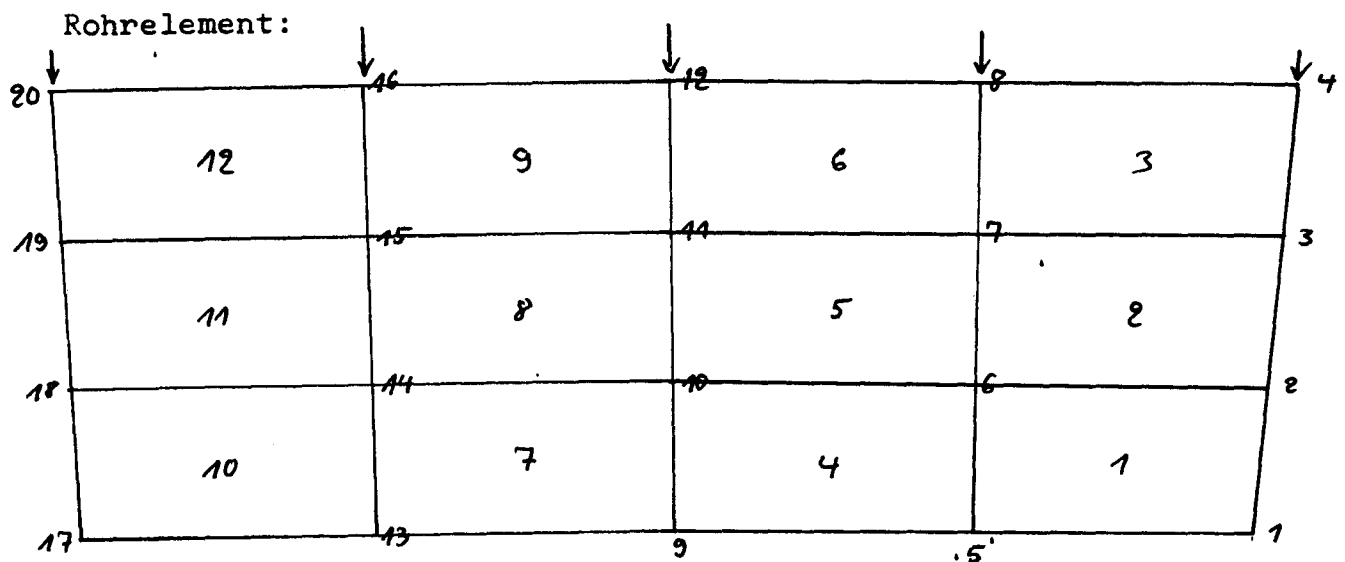


$$\begin{aligned}
\overline{[B]} \sin \left(\frac{n\bar{u}z}{l} \right) &= \begin{bmatrix} b_i & 0 & 0 & b_j & 0 & 0 & b_m & 0 & 0 \\ 0 & c_i & 0 & 0 & c_j & 0 & 0 & c_m & 0 \\ 0 & 0 & \left(-\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_1 & 0 & 0 & \left(-\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_2 & 0 & 0 & \left(-\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ c_i & b_i & 0 & c_j & b_j & 0 & c_m & b_m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \frac{1}{2A} \sin \left(\frac{n\bar{u}z}{l} \right) \\
\overline{\overline{[B]}} \cos \left(\frac{n\bar{u}z}{l} \right) &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_1 & 0 & b_i & \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_2 & 0 & b_j & \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_3 & 0 & b_m \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_1 & c_1 & 0 & \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_2 & c_j & 0 & \left(\frac{n\bar{u}}{l} \right) 2A_3 & c_m \end{bmatrix} \frac{1}{2A} \cos \left(\frac{n\bar{u}z}{l} \right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_i &= (y_j - y_m) \\
c_i &= (x_m - x_j) \\
b_j &= (y_i - y_m) \\
c_j &= (x_m - x_i) \\
b_m &= (y_i - y_j) \\
c_m &= (x_j - x_i)
\end{aligned}$$

Tafel 5 : Dehnungsmatrizen beim Dreieckselement

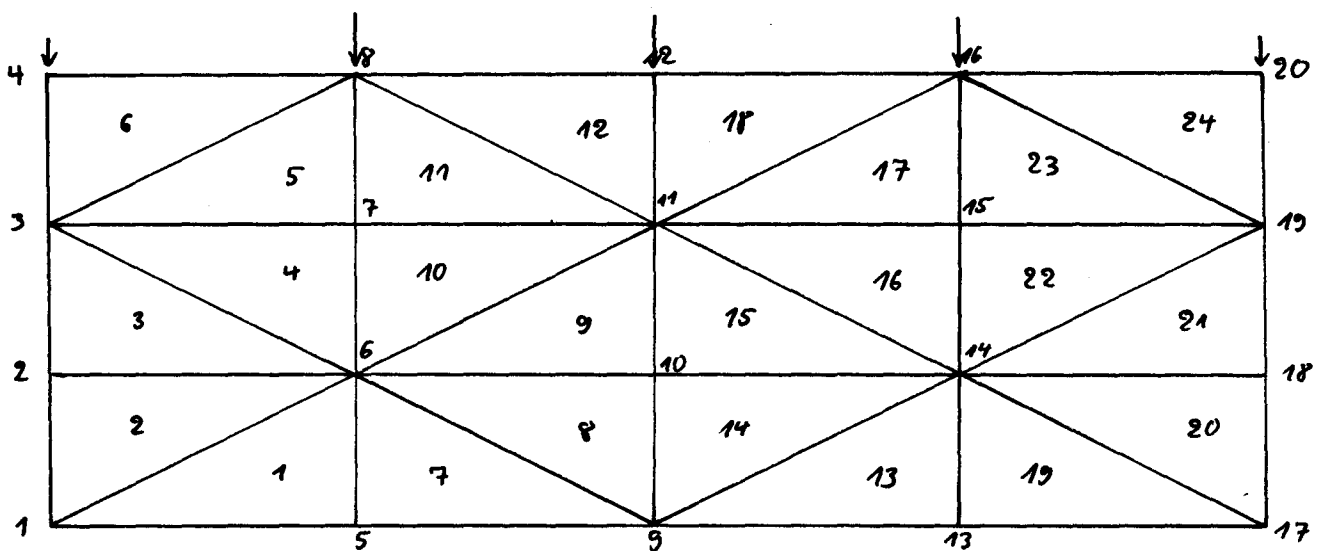
Tafel 6: Modelleinteilung



$r_1 = 100 \text{ cm}$, $r_2 = 103 \text{ cm}$, $\alpha_1 = 0^\circ$, $\alpha_2 = 4,5^\circ$ (entspricht einer Länge der Mittellinie von $\approx 8 \text{ cm}$)

12 Elemente, 60 Freiheitsgrade, 5 Lastknoten

Dreieckselement:



Kantenlänge der Unterdreiecke: $a = 2 \text{ cm}$, $b = 1 \text{ cm}$

24 Elemente, 60 Freiheitsgrade, 5 Lastknoten

7. Anhang II:

Dateneingabe

Protokolle

Ergebnis Ausdruck

Allgemeine Dateneingabe für das Dreieckselement:

1. Karte: Elementanzahl, Anzahl der Freiheitsgrade (Anzahl der Knoten $\times$ 3), halbe Bandbreite, Anzahl der Lastfreiheitsgrade, Anzahl der Randbedingungen.
2. Karte: (Überschrift)
3. Karte: Länge in z-Richtung.
4. Karte: Anzahl der Summenglieder; Entscheidung, für welchen Schritt die Werte ausgedruckt werden sollen.
5. Karte: Bereiche zur Datengenerierung, Anzahl der Elemente, für die die Koordinaten von Hand eingegeben werden.

Wenn $IB \geq 1$ (z.B. $IB = 1$):

6. Karte: Nummer des Ausgangselementes, Rechtecke in x-Richtung, Rechtecke in y-Richtung, Nummer des Ausgangsknotens, Rechtecke in y-Richtung zur Knotennumerierung (im Normalfall gleich dem 3. Wert).
7. Karte: x-Koordinate des ersten Elementes, Kantenlänge in x-Richtung der Elemente dieses Bereiches, y-Koordinate, Kantenlänge in y-Richtung, Winkel zwischen der x-Achse und der Mittellinie des Bereiches (ermöglicht schnelles Aufmessen bei abgewinkelten Profilen).

Wenn IB abgearbeitet ist und $IEX \geq 1$ (z.B. $IEX = 1$):

8. Karte: x-Koordinaten (3 Mal) und y-Koordinate (3 Mal) des ersten zusätzlichen Elementes.
9. Karte: Knotennumerierung (werden später auf die Freiheitsgrade umgerechnet).

10. Karte: Randbedingungen (Freiheitsgradnummern).

11. Karte: Entscheidung über Generation von Lastwerten. Wenn keine Generation gewünscht wird, ANKNP Karten mit Lastdaten einlesen, und zwar Freiheitsgrad, Lastwert und 2.

Wird Lastdatengeneration gewünscht:

11. Karte: 0, 0., 0,

12. Karte: Anzahl der Bereiche und Anzahl der einzeln einzulesenden Belastungen.

Wenn $IB \geq 1$ (z.B. $IB = 1$):

13. Karte: Knotennummer der ersten Last, Kennzeichnung des Freiheitsgrades der Last (1: x-Richtung, 2: y-Richtung, 3: z-Richtung), Anzahl der gleichen Lasten, Differenz zwischen den Lastknotennummern, Lastwert.

Wenn IEX größer/gleich 1 (z.B. $IEX = 1$):

14. Karte: Knotennummer, Kennzeichnung des Freiheitsgrades (siehe unter Beschreibung der 13. Karte), Lastwert.

Dateneingabe für Testbeispiel

24, 60, 18, 5, 0,
Dreieckselemente, Test mit Balken
100.,
5,1,
1, 0,
1, 4, 3, 1, 3,
0., 2., 0., 1., 0.,
11, -2.5, 2,
59, -2.5, 2,
23, -5.0, 2,
35, -5.0, 2,
47, -5.0, 2,

QUEBER., DREI ANAL, VAR., GR'D, P., -STD-

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MO STDHP WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000001 C *****
000002 C HALBANALYTISCHE, DREIECKIGE VOLUMENELEMENTE
000003 C *****
000010 C
000020 C RAHMENPROGRAMM FUER PROGRAMM ZUR BERECHNUNG VON
000030 C VOLUMENBAUTEILEN MIT ELEMENTKETTEN
000040 C
000050 C SCHAETZWERTE ZUR FELDDIMENSIONIERUNG
000060 C NA = FRANZ * (BAND + 2) + 14 * ELANZ
000070 C NB = ELANZ * 12 + 2 * ANKNP + RANZ
000080 C
000090 DIMENSION A(24500)
000100 DIMENSION B(5000)
000110 INTEGER FRANZ, ELANZ, BAND, ANKNP, RANZ
000120 READ 100, ELANZ, FRANZ, BAND, ANKNP, RANZ
000130 N1 = FRANZ * BAND + 1
000140 N2 = N1 + ELANZ
000150 N3 = N2 + ELANZ
000160 N4 = N3 + ELANZ
000170 N5 = N4 + ELANZ
000180 N6 = N5 + ELANZ
000190 N7 = N6 + ELANZ
000200 N8 = N7 + ANKNP
000210 N9 = N8 + FRANZ
000220 N10 = N9 + BAND
000230 N11 = N10 + FRANZ
000240 N12 = N11 + ELANZ * 6
000250 I1 = ELANZ * 9 + 1
000260 I2 = I1 + ANKNP
000270 I3 = I2 + 3 * ELANZ
000280 I4 = I3 + ANKNP
000290 I5 = I4 + RANZ
000300 NA = N12
000310 NB = I5
000320 CALL PRUG (A(1), A(N1), A(N2), A(N3), A(N4), A(N5), A(N6), A(N7), A(N8),
000330 *A(N9), A(N10), B(1), B(I1), FRANZ, BAND, ELANZ, ANKNP, B(I2), NA, NB,
000340 >B(I3), B(I4), RANZ, A(N11))
000350 100 FORMAT(10B)
000360 STOP
000370 END
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

```

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 0.90

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MO PRUG WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000380 SUBROUTINE PRUG (SK, YA, YB, YC, XA, XB, XC, Q, P, C, SP, BOL, FN, FRANZ, BAND,
000390 *ELANZ, ANKNP, NP, NA, NB, KB, NR, RANZ, SS)
000400 C
000410 C PROGRAMM ZUR BERECHNUNG VON VOLUMENBAUTEILEN MIT
000420 C MIT ELEMENTKETTEN

```

```

000430      INTEGER FRANZ,BAND,ELANZ,ANKNP,RANZ
000440      REAL KE(9,9),L
000450      DIMENSION XA(ELANZ),XB(ELANZ),XC(ELANZ),YA(ELANZ),YB(ELANZ),
000460      >YC(ELANZ),NP(ELANZ,3),SK(FRANZ,BAND),C(BAND),KB(ANKNP),NR(RANZ),
000470      >Q(ANKNP),P(FRANZ),SP(FRANZ),SS(ELANZ,6)
000480      INTEGER BUL(ELANZ,9),FN(ANKNP)
000490  C
000500      N=1
000510      CALL DATEN(YA,YB,YC,XA,XB,XC,Q,FN,BUL,FRANZ,BAND,ELANZ,ANKNP,L,NE,
000520      >NP,NA,NB,KB,NR,RANZ,KW,SS)
000530      DO 20 I=1,FRANZ
000540  20  SP(I)=0.
000550  101 CONTINUE
000560      DO 1 I=1,FRANZ
000570      DO 1 II=1,BAND
000580      SK(I,II)=0.
000590      P(I)=0.
000600      1 CONTINUE
000610  C
000620      DO 2 I=1,ELANZ
000630      CALL STEIF(YA(I),YB(I),YC(I),XA(I),XB(I),XC(I),L,KE,N)
000640      CALL BULB(SK,KE,BUL,FRANZ,ELANZ,I,BAND)
000650      2 CONTINUE
000660      CALL LAST(P,Q,KB,FN,L,N,ANKNP,FRANZ)
000670      DO 3 IS=1,FRANZ
000680      3 IF(SK(IS,1).EQ.0) SK(IS,1)=1.
000690      CALL SSOL(SK,P,C,FRANZ,BAND)
000700  C      BERECHNUNG DER SPANNUNGEN IN JEDEM ELEMENT
000710      CALL SPANN(P,YA,YB,YC,XA,XB,XC,BUL,N,L,ELANZ,FRANZ,SS,KW,NE)
000720      DO 5 K=1,FRANZ
000730      5 SP(K)=SP(K)+P(K)
000740  C
000750      IF(KW.EQ.1.AND.N.NE.NE) GO TO 11
000760      CALL VER(SP,BUL,ELANZ,FRANZ,N)
000770      11 IF(N.GE.NE) GO TO 10
000780      N=N+2
000790      GO TO 101
000800      10 N=1
000810      RETURN
000820      END
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

```

ENDE PS&FTNCMP (0075.02) 1.16

START PS&FTNCMP (0075.02)
MD DATEN WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000830      SUBROUTINE DATEN (YA,YB,YC,XA,XB,XC,Q,FN,BUL,FRANZ,BAND,ELANZ,
000840      *ANKNP,L,NF,NP,NA,NB,KB,NR,RANZ,KW,SS)
000850  C
000860  C      UNTERPROGRAMM LIEST UND DRUCKT DIE DATEN
000870  C
000880      INTEGER FRANZ,ELANZ,ANKNP,BAND,RANZ
000890      INTEGER ITEXT(36),FN(ANKNP),BUL(ELANZ,9)
000900      REAL L
000910      DIMENSION XA(ELANZ),XB(ELANZ),XC(ELANZ),YA(ELANZ),YB(ELANZ),
000920      >YC(ELANZ),Q(ANKNP),NP(ELANZ,3),KB(ANKNP),NR(RANZ),SS(ELANZ,6)
000930      ISTOP=0
000940      READ(5,107) (ITEXT(I), I=1,36)
000950      READ 100, L

```

```

000960      READ 100,NF,KW
000970      C      KW = 0 : AUSDRUCKEN DER ZWISCHENWERTE
000980      C      KW = 1 : AUSDR. DER SPANN.- U. VERFORMUNGSWERTE NUR FUER NE
000990      PRINT 7
001000      PRINT 10
001010      PRINT 108,(I TEXT(I),I=1,36)
001020      WRITE(6,10)
001030      PRINT 24,L
001040      PRINT 10
001050      WRITE(6,20)
001060      WRITE(6,10)
001070      PRINT 11,NA,NB
001080      PRINT 22,NF
001090      WRITE(6,21) FRANZ,ELANZ,ANKNP,RANZ,BAND
001100      WRITE(6,10)
001110      WRITE(6,12)
001120      CALL GEN1(ELANZ,XA,XB,XC,YA,YB,YC,NP)
001130      WRITE(6,10)
001140      WRITE(6,13)
001150      PRINT 25
001160      DO 1 I=1,ELANZ
001170      SS(I,1)=0.
001180      SS(I,2)=0.
001190      SS(I,3)=0.
001200      SS(I,4)=0.
001210      SS(I,5)=0.
001220      SS(I,6)=0.
001230      WRITE(6,101) I,XA(I),XB(I),XC(I),YA(I),YB(I),YC(I)
001240      1 CONTINUE
001250      WRITE(6,10)
001260      WRITE(6,14)
001270      WRITE(6,10)
001280      WRITE(6,15)
001290      PRINT 25
001300      IF(RANZ.EQ.0) READ 100,(NR(J),J=1,RANZ)
001310      DO 3 I=1,ELANZ
001320      DO 4 J=1,3
001330      NN=NP(I,J)
001340      BOL(I,J*3-2)=NN*3-2
001350      BOL(I,J*3-1)=NN*3-1
001360      BOL(I,J*3)=NN*3
001370      NN=J+1
001380      IF(J.EQ.3) NN=1
001390      IBA=IABS(NP(I,NN)-NP(I,J))
001400      IBA=3*(IBA+1)
001410      IF(IBA.LE.BAND) GO TO 4
001420      PRINT 109,I,NP(I,NN),NP(I,J),IBA
001430      ISTOP=1
001440      4 CONTINUE
001450      IF(RANZ.EQ.0) GO TO 3
001460      DO 5 J=1,9
001470      DO 5 JJ=1,RANZ
001480      5 IF(BOL(I,J).EQ.NR(JJ)) BOL(I,J)=0
001490      3 WRITE(6,16) I,(BOL(I,II),II=1,9)
001500      WRITE(6,10)
001510      WRITE(6,17)
001520      WRITE(6,10)
001530      WRITE(6,18)
001540      KAN=1
001550      DO 2 I=1,ANKNP
001560      C
001570      C      FUER LASTOATENGENERATION : 0,0,0, DANN DIE ANGABEN ZUR GENERATION

```

```

001580 C      SUNST AUF EINER KARTE EINLESEN (ANKNP-MAL) ;
001590 C      FREIHEITSGRAD, LASTWERT, KENNZIFFER (STRECKEN/EINZEL)
001600 C
001610      IF (KAN.EQ.1) READ 100, FN(I), Q(I), KB(I)
001620      IF (FN(1).NE.0) GO TO 6
001630      READ 100, IB, IEX
001640      JJ=0
001650      DO 110 J=1, IB
001660 C
001670 C      NO : KNOTENNUMMER DER ERSTEN LAST
001680 C      NK = 1 : STRECKENLAST IN X-RICHTUNG
001690 C      NK = 2 : STRECKENLAST IN Y-RICHTUNG
001700 C      NK = 3 : STRECKENLAST IN Z-RICHTUNG
001710 C      IN : ANZAHL DER GLEICHEN LASTEN
001720 C      ND : DIFFERENZ ZWISCHEN DEN LASTKNOTENNUMMERN
001730 C      PP : LASTWERT
001740 C
001750      READ 100, NO, NK, IN, ND, PP
001760      NN=(NO-1)*3+NK
001770      DO 112 J1=1, IN
001780      JJ=JJ+1
001790      KB(JJ)=2
001800      FN(JJ)=NN
001810      Q(JJ)=PP
001820      112 NN=NN+ND*3
001830      110 CONTINUE
001840      IF (IEX.EQ.0) GO TO 114
001850      DO 113 J=1, IEX
001860      JJ=JJ+1
001870 C
001880 C      NN : KNOTENNUMMER
001890 C      NK : KENNZEICHNUNG DES FREIHEITSGRADES (SIEHE OBEN)
001900 C      Q : LASTWERT
001910 C
001920      READ 100, NN, NK, Q(JJ)
001930      FN(JJ)=(NN-1)*3+NK
001940      113 KB(JJ)=2
001950      114 CONTINUE
001960      KAN=0
001970      6 IF (KB(I).EQ.1) PRINT 104, FN(I), Q(I)
001980      IF (KB(I).EQ.2) PRINT 105, FN(I), Q(I)
001990      2 CONTINUE
002000      WRITE(6,10)
002010      IF (ISTOP.EQ.1) STOP
002020      7 FORMAT(1H1)
002030      10 FORMAT(X72(1H*))
002040      11 FORMAT(X'BELEGUNG DES REAL-FELDES      :', I5/
002050      >X'BELEGUNG DES INTEGER-FELDES      :', I5/)
002060      12 FORMAT(12H KOORDINATEN)
002070      13 FORMAT(10H ELEMENTNR, 4X I'XA I'XB I'XC I'YA I'YB I'YC I')
002090      14 FORMAT(23H FREIHEITSGRADZUORDNUNG)
002100      15 FORMAT(10H ELEMENTNR, 4X I'UA I'YA I'WA I'UB I'VB I'WB I'X,
002110      >I'UC I'VC I'WC I')
002130      16 FORMAT(I6, 4X I'Z(I) I')
002140      17 FORMAT(7H LASTEN)
002150      18 FORMAT(10H KNOTENNR, 29H ORDINATENWERT DER KNOTENLAST,
002160      >3X'BELASTUNGSART I')
002170      20 FORMAT(25H FELD- UND STEUERGRUESSEN)
002180      21 FORMAT(33H ANZAHL DER FREIHEITSGRADE      :', I5, /,
002190      *33H ANZAHL DER ELEMENTE      :', I5, /)

```

```

002230      *334 HALBE BANDBREITE          : ,15)
002240      22 FORMAT(33H ANZAHL DER FOURIERKOEFFIZIENTEN ,15)
002250      23 FORMAT(19H TRAEGERABMESSUNGEN)
002260      24 FORMAT(14H TRAEGERLAENGE ,F12.3)
002270      25 FORMAT(X72(1H=))
002280      100 FORMAT(108)
002290      101 FORMAT(16X6(XF10.3))
002300      104 FORMAT(X15,4XF15.3,19X'EINZELLAST')
002310      105 FORMAT(X15,4XF15.3,18X'STRECKENLAST')
002320      107 FORMAT(36A2)
002330      108 FORMAT(X36A2)
002340      109  FORMAT(X'*****ELEMENT 'I3' ,KNOTEN 'I3' UND KNUETEN 'I3' :'/
002350      *X10(1H ),'BANDBREITE UEBERSCHRITTEN ! ! : IBA = 'I3)
002360      RETURN
002370      END
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

```

ENDE PS&FTNCUMP (0075.02) 2,31

START PS&FTNCUMP (0075.02)
MD GEN1 WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

002380      SUBROUTINE GEN1(IE,XA,XB,XC,YA,YB,YC,NP)
002390      C
002400      C      SUBROUTINE ZUR DATENGENERATION UND MANUELLEN EINGABE
002410      C
002420      DIMENSION XA(IE),XB(IE),XC(IE),YA(IE),YB(IE),YC(IE),NP(IE,3),
002430      >X(3),Y(3),IP(12),P(2,4),NN(4)
002440      DATA IP/1,2,3,1,3,4,1,2,4,2,3,4/
002450      C      IB :ANZAHL DER BEREICHE ZUR DATENGENERIERUNG
002460      C      IEX :EINZELNE ELEMENTE,KOORDINATEN VON HAND EINGEBEN
002470      READ 100,IB,IEX
002480      IF(IB.EQ.0) GO TO 41
002490      PRINT 103
002500      PRINT 101
002510      DO 40 K=1,IB
002520      C      II :NUMMER DES AUSGANGSELEMENTES
002530      C      NX :RECHTECKE IN X-RICHTUNG
002540      C      NY :RECHTECKE IN Y-RICHTUNG
002550      C      NO :NUMMER DES AUSGANGSKNOTENS
002560      C      NPY :RECHTECKE IN Y-RICHTUNG (ZUR KNOTENNUMMERIERUNG)
002570      C
002580      READ 100,II,NX,NY,NO,NPY
002590      READ 100,X0,DX,Y0,DY,PHI
002600      PHI=PHI*.0174533
002610      I=II
002620      MO=-8
002630      DO 51 N=1,NX
002640      II=I
002650      MD=6
002660      IF(MD.GT.0) MD=-6
002670      MO=MO+MD
002680      MI=MO
002690      DO 50 J=1,NY
002700      P(1,1)=(N-1)*DX
002710      P(1,2)=P(1,1)+DX
002720      P(1,3)=P(1,2)
002730      P(1,4)=P(1,1)
002740      P(2,1)=(J-1)*DY
002750      P(2,2)=P(2,1)

```

```

002760      P(2,3)=P(2,1)+DY
002770      P(2,4)=P(2,3)
002780      NN(1)=NO
002790      NN(2)=NN(1)+NPY+1
002800      NN(3)=NN(2)+1
002810      NN(4)=NN(1)+1
002820      MC=0
002830      30 MC=MC+1
002840      MI=MI+3
002850      MM=IP(MI)
002860      MM1=IP(MI+1)
002870      MM2=IP(MI+2)
002880      XA(I)=P(1,MM)
002890      XB(I)=P(1,MM1)
002900      XC(I)=P(1,MM2)
002910      YA(I)=P(2,MM)
002920      YB(I)=P(2,MM1)
002930      YC(I)=P(2,MM2)
002940      NP(I,1)=NN(MM)
002950      NP(I,2)=NN(MM1)
002960      NP(I,3)=NN(MM2)
002970      I=I+1
002980      IF(MC.EQ.1) GO TO 30
002990      IF(MI.EQ.10) MI=-2
003000      NO=NO+1
003010      IF(J.EQ.NY) NO=NO+1+NPY-NY
003020      50 CONTINUE
003030      I2=I-1
003040      C=COS(PHI)
003050      S=SIN(PHI)
003060      DO 52 J=I1,I2
003070      X(1)=XA(J)
003080      X(2)=XB(J)
003090      X(3)=XC(J)
003100      Y(1)=YA(J)
003110      Y(2)=YB(J)
003120      Y(3)=YC(J)
003130      XA(J)=XA(J)*C-Y(1)*S+X0
003140      XB(J)=XB(J)*C-Y(2)*S+X0
003150      XC(J)=XC(J)*C-Y(3)*S+X0
003160      YA(J)=YA(J)*C+X(1)*S+Y0
003170      YB(J)=YB(J)*C+X(2)*S+Y0
003180      52 YC(J)=YC(J)*C+X(3)*S+Y0
003190      51 CONTINUE
003200      PRINT 102, I1,I2
003210      40 CONTINUE
003220      41 IF(IEX.EQ.0) GO TO 10
003230      DO 60 J=1, IEX
003240      READ 100, I, XA(I), XB(I), XC(I), YA(I), YB(I), YC(I)
003250      60 READ 100, (NP(I, JJ), JJ=1,3)
003260      100 FORMAT(10B)
003270      101 FORMAT(X'DATENGENERATION VON :')
003280      102 FORMAT(X'ELEMENT 'I3' BIS ELEMENT 'I3')
003290      103 FORMAT(X72(1H*))
003300      10 RETURN
003310      END

```

PROTOKOLL
SYNTAXFEHLER

&FTNCOMP (0075.02) 1.61

&FTNCOMP (0075.02)

MD LAST WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

003320      SUBROUTINE LAST (P,Q,KB,F,L,N,ANKNP,FRANZ)
003330      C
003340      C      UNTERPROGRAMM BERECHNET DIE EQUIVALENTEN KNOTENLASTEN
003350      C
003360      INTEGER ANKNP,FRANZ
003370      INTEGER FN,F(ANKNP)
003380      DIMENSION P(FRANZ),Q(ANKNP),KB(ANKNP)
003390      REAL L
003400      PI=3.1415927
003410      AN=1./N
003420      DO 4 I=1,ANKNP
003430      FN=F(I)
003440      P(FN)=Q(I)*2.*L*AN/PI
003450      IF(KB(I).NE.1) GO TO 4
003460      C      EINZELLAST AUF L/2
003470      A=L/100.
003480      C1=.5*PI/L*(L-A)
003490      P(FN)=P(FN)/A*COS(C1)
003500      4 CONTINUE
003510      RETURN
003520      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCUMP (0075.02) 0.77

START PS&FTNCUMP (0075.02)

MD VER WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

003530      SUBROUTINE VER (V,BOL,ELANZ,FRANZ,N)
003540      C
003550      C      UNTERPROGRAMM DRUCKT VERSCHIEBUNGEN AUS
003560      C
003570      INTEGER ELANZ,FRANZ,BOL(ELANZ,9)
003580      DIMENSION V(FRANZ),U(9)
003590      PRINT 97
003600      PRINT 99
003610      PRINT 98, N
003620      PRINT 99
003630      WRITE(6,101)
003640      PRINT 99
003650      DO 1 I=1,ELANZ
003660      DO 2 II=1,9
003670      IBU=BOL(I,II)
003680      IF(IBU.EQ.0) GO TO 3
003690      U(II)=V(IBU)
003700      GO TO 2
003710      3 U(II)=0.
003720      2 CONTINUE
003730      WRITE(6,103) U(1),U(2),U(3)
003740      WRITE(6,102) U(4),U(5),U(6)
003750      WRITE(6,104) U(7),U(8),U(9)
003760      WRITE(6,105)
003770      1 CONTINUE
003780      97 FORMAT(1H1)
003790      98 FORMAT(X1VERSCHIEBUNGSVEKTOR NACH 1121 FOUERIERKUEFFIZIENTEN)
003800      99 FORMAT(1H ,90(1H*))
003810      101 FORMAT(1H ,10HELEMENTNR.,3X6HKNOTEN,2X16H X-VERSCHIEBUNG ,

```

```

003820      *16 I Y-VERSCHIEBUNG ,16H Z-VERSCHIEBUNG )
003830      102 FORMAT(1H ,I8,5X8H      B      ,3(E14.6,2X))
003840      103 FORMAT(1H ,5X16H      A      ,3(E14.6,2X))
003850      104 FORMAT(1H ,5X16H      C      ,3(E14.6,2X))
003860      105 FORMAT(1H ,/ )
003870      RETURN
003880      END

```

ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCMP (0075.02) 0.24

START PS&FTNCMP (0075.02)
MU SPANN WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

003890      SUBROUTINE SPANN (P,YI,YJ,YM,XI,XJ,XM,BUL,NI,L,ELANZ,FRANZ,
003900      >SS,KW,NF)
003910      C
003920      C      UNTERPROGRAMM BERECHNET DIE SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT
003930      C
003940      INTEGER ELANZ,FRANZ,BUL(ELANZ,9)
003950      DIMENSION Z(3),SIG(6,1),B(6,9),D(6,6),U(9,1),DB(6,9),SS(ELANZ,6)
003960      DIMENSION XI(ELANZ),XJ(ELANZ),XM(ELANZ)
003970      DIMENSION YI(ELANZ),YJ(ELANZ),YM(ELANZ)
003980      REAL P(FRANZ),NUE,L,N
003990      Z(1)=0.
004000      Z(2)=.25
004010      Z(3)=.5
004020      KAZ=3
004030      KEZ=3
004040      E=2.1E6
004050      NUE=0.28
004060      N=NI
004070      PI=3.1415927
004080      IF (KW.EQ.1.AND.NI.NE.NF) GO TO 1
004090      WRITE(6,99)
004100      WRITE(6,102)
004110      PRINT 103,NI
004120      WRITE(6,102)
004130      WRITE(6,104)
004140      PRINT 102
004150      1 DO 5 IE=1,ELANZ
004160      DO 2 II=1,9
004170      IBJ=BUL(IE,II)
004180      IF (IBJ.EQ.0) GOTO 3
004190      U(II,1)=P(IBJ)
004200      GOTO 2
004210      3 U(II,1)=0.
004220      2 CONTINUE
004230      C
004240      DO 10 IZ=KAZ,KEZ
004250      DO 7 I=1,6
004260      DO 8 II=1,9
004270      3 B(I,II)=0.
004280      DO 7 II=1,6
004290      7 D(I,II)=0.
004300      C
004310      D(1,1)=1.-NUE
004320      D(2,2)=D(1,1)
004330      D(3,3)=D(1,1)
004340      D(4,4)=(1.-2.*NUE)/2.

```

```

004350      D(5,5)=D(4,4)
004360      D(6,6)=D(4,4)
004370      D(1,2)=NUE
004380      D(1,3)=NUE
004390      D(2,3)=NUE
004400      D(2,1)=NUE
004410      D(3,1)=NUE
004420      D(3,2)=NUE
004430      C
004440      BI=YJ(IE)-YM(IE)
004450      CI=XM(IE)-XJ(IE)
004460      BJ=YM(IE)-YI(IE)
004470      CJ=XI(IE)-XM(IE)
004480      BM=YI(IE)-YJ(IE)
004490      CM=XJ(IE)-XI(IE)
004500      A=0.5*(XJ(IE)*YM(IE)+XI(IE)*YJ(IE)+XM(IE)*YI(IE)
004510      *-XJ(IE)*YI(IE)-XM(IE)*YJ(IE)-XI(IE)*YM(IE))
004520      F=E/((1.+NUE)*(1.-2.*NUE)*2.*A)
004530      G=N*PI*Z(IZ)
004540      C
004550      B(1,1)=BI*SIN(G)
004560      B(1,4)=BJ*SIN(G)
004570      B(1,7)=BM*SIN(G)
004580      B(2,2)=CI*SIN(G)
004590      B(2,5)=CJ*SIN(G)
004600      B(2,8)=CM*SIN(G)
004610      B(3,3)=-N*PI/(L*3)*SIN(G)*2*A
004620      B(3,6)=B(3,3)
004630      B(3,9)=B(3,3)
004640      B(4,1)=CI*SIN(G)
004650      B(4,2)=BI*SIN(G)
004660      B(4,4)=CJ*SIN(G)
004670      B(4,5)=BJ*SIN(G)
004680      B(4,7)=CM*SIN(G)
004690      B(4,8)=BM*SIN(G)
004700      B(5,2)=N*PI/(L*3)*COS(G)*2*A
004710      B(5,3)=CI*COS(G)
004720      B(5,5)=N*PI/(L*3)*COS(G)*2*A
004730      B(5,6)=CJ*COS(G)
004740      B(5,8)=N*PI/(L*3)*COS(G)*2*A
004750      B(5,9)=CM*COS(G)
004760      B(6,1)=N*PI/(L*3)*COS(G)*2*A
004770      B(6,3)=BI*COS(G)
004780      B(6,4)=B(6,1)
004790      B(6,6)=BJ*COS(G)
004800      B(6,7)=B(6,1)
004810      B(6,9)=BM*COS(G)
004820      DO 6 I=1,6
004830      DO 6 I=1,6
004840      6 D(I,II)=D(I,II)*F
004850      CALL MAMU(D,B,DB,6,6,9)
004860      CALL MAMU(DB,U,SIG,6,9,1)
004870      DO 4 IS=1,6
004880      4 SS(IE,IS)=SS(IE,IS)+SIG(IS,1)
004890      IF(KW.EQ.1.AND.NI.NE.NF) GO TO 5
004900      IF(KW.EQ.0) GO TO 11
004910      PRINT 101,IE,Z(IZ),(SS(IE,IS),IS=1,6)
004920      GO TO 5
004930      11 WRITE(6,101) IE,Z(IZ),(SIG(I,1),I=1,6)
004940      10 CONTINUE
004950      5 CONTINUE
004960      99 FORMAT(1H1)

```

```

004970      101 FORMAT (I7,F12.4,3X,5E14.5)
004980      102 FORMAT (1H,104(1H*))
004990      103 FORMAT (X'SPANNUNGEN JE ELEMENT,BERECHNET AUF ELEMENTMITTE,FUER DEN
005000      > ' ,I2,1, FOUKRIERKOEFFIZIENTEN')
005010      104 FORMAT (1H,10HELEMENTNR.,4X'Z/L'9X'SIGX'10X'SIGY'10X'SIGZ'
005020      *11X'TXY'11X'TYZ'11X'TZX')
005040      RETURN
005050      END
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

```

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 2.09

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MD STEIF WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

005060      SUBROUTINE STEIF (YI,YJ,YM,XI,XJ,XM,L,K,NI)
005070      C      INTERPROGRAMM ZUR BERECHNUNG DER STEIFIGKEITSMATRIZEN
005080      REAL K(9,9),L,NUE,KD(9,9),KDD(9,9),N
005090      PI=3.1415927
005100      E=2.1E6
005110      NUE=0.28
005120      N=NI
005130      A=(XJ*YM+XI*YJ+XM*YI-XJ*YI-XM*YJ-XI*YM)/2.
005140      F1=E/((1.+NUE)*(1.-2.*NUE)*8.*A)*L
005150      F2=E/((1+NUE)*16.)*L
005160      F=(1.-2.*NUE)/2.
005170      FF=1.-NUE
005180      BI=YJ-YM
005190      CI=XM-XJ
005200      BJ=YM-YI
005210      CJ=XI-XM
005220      BM=YI-YJ
005230      CM=XJ-XI
005240      DO 3 I=1,9
005250      DO 3 II=1,9
005260      KD(I,II)=0.
005270      3 KDD(I,II)=0.
005280      C
005290      C      SIN - ANTEILE DER MATRIX B
005300      C
005310      C      KII
005320      KD(1,1)=FF*BI*BI+F*CI*CI
005330      KD(1,2)=NUE*CI*BI+F*BI*CI
005340      KD(1,3)=-NUE*BI*N*PI*A/(3.*L)*2,
005350      KD(2,2)=FF*CI*CI+F*BI*BI
005360      KD(2,3)=-NUE*CI*N*PI*A/(3.*L)*2,
005370      KD(3,3)=FF*2.*A*A*N*N*PI*PI/(3.*L*L)
005380      C      KIJ
005390      KD(1,4)=FF*BI*BJ+F*CI*CJ
005400      KD(1,5)=NUE*CJ*BI+F*BJ*CI
005410      KD(1,6)=-NUE*BI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005420      KD(2,4)=NUE*BJ*CI+F*CJ*BI
005430      KD(2,5)=FF*CI*CJ+F*BI*BJ
005440      KD(2,6)=-NUE*CI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005450      KD(3,4)=-NUE*BJ*A*N*PI/(3.*L)*2,
005460      KD(3,5)=-NUE*CJ*A*N*PI/(3.*L)*2,
005470      KD(3,6)=KD(3,3)/2.
005480      C      KIM
005490      KD(1,7)=FF*BI*BM+F*CI*CM
005500      KD(1,8)=NUE*CM*BI+F*BM*CI

```

```

005510      KD(1,9)=-NUE*BI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005520      KD(2,7)=-NUE*BM*CI+F*CM*BI
005530      KU(2,8)=FF*CI*CM+F*BI*BM
005540      KD(2,9)=-NUE*CI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005550      KD(3,7)=-NUE*BM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005560      KD(3,8)=-NUE*CM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005570      KD(3,9)=KD(3,3)/2,
005580      C      KJJ
005590      KD(4,4)=FF*BJ*BJ+F*CI*CI
005600      KD(4,5)=-NUE*CI*BJ+F*BJ*CI
005610      KU(4,6)=-NUE*BJ*A*N*PI/(3.*L)*2,
005620      KD(5,5)=FF*CI*CI+F*BI*BI
005630      KD(5,6)=-NUE*CI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005640      KD(6,6)=KD(3,3)
005650      C      KJM
005660      KD(4,7)=FF*BJ*BM+F*CI*CM
005670      KD(4,8)=-NUE*CM*BJ+F*BM*CI
005680      KD(4,9)=-NUE*BJ*A*N*PI/(3.*L)*2,
005690      KD(5,7)=-NUE*BM*CI+F*CM*BI
005700      KD(5,8)=FF*CI*CM+F*BI*BM
005710      KD(5,9)=-NUE*CI*A*N*PI/(3.*L)*2,
005720      KD(6,7)=-NUE*BM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005730      KD(6,8)=-NUE*CM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005740      KD(6,9)=KD(3,3)/2,
005750      C      KMM
005760      KD(7,7)=FF*BM*BM+F*CM*CM
005770      KD(7,8)=-NUE*CM*BM+F*BM*CM
005780      KD(7,9)=-NUE*BM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005790      KD(8,8)=FF*CM*CM+F*BM*BM
005800      KU(8,9)=-NUE*CM*A*N*PI/(3.*L)*2,
005810      KD(9,9)=KD(3,3)
005820      C
005830      C      COS - ANTEILE DER MATRIX B
005840      C
005850      C      KII
005860      KDD(1,1)=2.*N*N*PI*PI*A/(L*L*3,)
005870      KDD(1,3)=BI*N*PI/(3.*L)*2,
005880      KDD(2,2)=KDD(1,1)
005890      KDD(2,3)=CI*N*PI/(3.*L)*2,
005900      KDD(3,3)=(CI*CI+BI*BI)/A
005910      C      KIJ
005920      KDD(1,4)=KDD(1,1)/2,
005930      KDD(1,6)=BJ*N*PI/(3.*L)*2,
005940      KDD(2,5)=KDD(1,1)/2,
005950      KDD(2,6)=CI*N*PI/(3.*L)*2,
005960      KDD(3,4)=BI*N*PI/(3.*L)*2,
005970      KDD(3,5)=CI*N*PI/(3.*L)*2,
005980      KDD(3,6)=(CI*CI+BI*BI)/A
005990      C      KIM
006000      KDD(1,7)=KDD(1,1)/2,
006010      KDD(1,9)=BM*N*PI/(3.*L)*2,
006020      KDD(2,8)=KDD(1,1)/2,
006030      KDD(2,9)=CM*N*PI/(3.*L)*2,
006040      KDD(3,7)=BI*N*PI/(3.*L)*2,
006050      KDD(3,8)=CI*N*PI/(3.*L)*2,
006060      KDD(3,9)=(CI*CM+BI*BM)/A
006070      C      KJJ
006080      KDD(4,4)=KDD(1,1)
006090      KDD(4,6)=BJ*N*PI/(3.*L)*2,
006100      KDD(5,5)=KDD(1,1)
006110      KDD(5,6)=CI*N*PI/(3.*L)*2,
006120      KDD(6,6)=(CI*CI+BI*BI)/A

```

```

006130 C      KJM
006140      KDD(4,7)=KDD(1,1)/2.
006150      KDD(4,9)=BM*N*PI/(3.*L)*2.
006160      KDD(5,8) = KDD(1,1)/2.
006170      KDD(5,9)=CM*N*PI/(3.*L)*2.
006180      KDD(6,7)=BJ*N*PI/(3.*L)*2.
006190      KDD(6,8)=CJ*N*PI/(3.*L)*2.
006200      KDD(6,9)=(CJ*CM+BJ*BM)/A
006210 C      KMM
006220      KDD(7,7)=KDD(1,1)
006230      KDD(7,9)=BM*N*PI/(3.*L)*2.
006240      KDD(8,8)=KDD(1,1)
006250      KDD(8,9)=CM*N*PI/(3.*L)*2.
006260      KDD(9,9)=(CM*CM+BM*BM)/A
006270 C
006280      DO 1 I=1,9
006290      DO 1 II=1,9
006300      KD(II,I)=KD(I,II)
006310      KDD(II,I)=KDD(I,II)
006320      1 CONTINUE
006330      DO 2 I=1,9
006340      DO 2 II=1,9
006350      2 K(I,II)=KD(I,II)*F1+KDD(I,II)*F2
006360      RETURN
006370      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCMP (0075.02) 2.75

START PS&FTNCMP (0075.02)

MD BOOLB WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

006380      SUBROUTINE BOOLB(SK,KE,BOL,FRANZ,ELANZ,IE,M)
006390 C
006400      REAL KE(9,9)
006410      INTEGER ELANZ,FRANZ
006420      INTEGER BOL(ELANZ,9)
006430      DIMENSION SK(FRANZ,M)
006440      DO 100 I=1,9
006450      DO 101 K=1,9
006460      IF(BOL(IE,I).EQ.0) GOTO 100
006470      IF(BOL(IE,K).EQ.0) GOTO 101
006480      J1=BOL(IE,I)
006490      J2=BOL(IE,K)
006500      IF(J1.GT.J2) GOTO 101
006510      SK(J1,J2-(J1-1))=SK(J1,J2-(J1-1))+KE(I,K)
006520      101 CONTINUE
006530      100 CONTINUE
006540      RETURN
006550      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCMP (0075.02) 0.73

DMONT.

ENDE MONTIERE (22.06) 4.60

*STARTE,DU.=F=NEST,DATEN=/FREMDSTRING

 ROHRELEMENTE, TEST MIT BALKEN

TRAEGERLAENGE 100.000

FELD- UND STEUERGRÖSSEN

BELEGUNG DES REAL-FELDES : 1512
 BELEGUNG DES INTEGER-FELDES : 299

ANZAHL DER FOURIERKOEFFIZIENTEN: 5
 ANZAHL DER FREIHEITSGRADE : 60
 ANZAHL DER ELEMENTE : 24
 ANZAHL DER LASTKNOTEN : 5
 ANZAHL DER RANDBEDINGUNGEN : 0
 HALBE BANDBREITE : 18

KOORDINATEN

DATENGENERATION VON :
 ELEMENT 1 BIS ELEMENT 24

ELEMENTNR	XA	XB	XC	YA	YB	YC
1	0.0	2.000	2.000	0.0	0.0	1.000
2	0.0	2.000	0.0	0.0	1.000	1.000
3	0.0	2.000	0.0	1.000	1.000	2.000
4	2.000	2.000	0.0	1.000	2.000	2.000
5	0.0	2.000	2.000	2.000	2.000	3.000
6	0.0	2.000	0.0	2.000	3.000	3.000
7	2.000	4.000	2.000	0.0	0.0	1.000
8	4.000	4.000	2.000	0.0	1.000	1.000
9	2.000	4.000	4.000	1.000	1.000	2.000
10	2.000	4.000	2.000	1.000	2.000	2.000
11	2.000	4.000	2.000	2.000	2.000	3.000
12	4.000	4.000	2.000	2.000	3.000	3.000
13	4.000	6.000	6.000	0.0	0.0	1.000
14	4.000	6.000	4.000	0.0	1.000	1.000
15	4.000	6.000	4.000	1.000	1.000	2.000
16	6.000	6.000	4.000	1.000	2.000	2.000
17	4.000	6.000	6.000	2.000	2.000	3.000
18	4.000	6.000	4.000	2.000	3.000	3.000
19	6.000	8.000	6.000	0.0	0.0	1.000
20	8.000	8.000	6.000	0.0	1.000	1.000
21	6.000	8.000	8.000	1.000	1.000	2.000
22	6.000	8.000	6.000	1.000	2.000	2.000
23	6.000	8.000	6.000	2.000	2.000	3.000
24	8.000	8.000	6.000	2.000	3.000	3.000

 FREIHEITSGRADZUORDNUNG

ELEMENTNR	UA	YA	WA	UB	VB	WB	UC	VC	WC
1	1	2	3	13	14	15	16	17	18
2	1	2	3	16	17	18	4	5	6
3	4	5	6	16	17	18	7	8	9
4	16	17	18	19	20	21	7	8	9
5	7	8	9	19	20	21	22	23	24
6	7	8	9	22	23	24	10	11	12
7	13	14	15	25	26	27	16	17	18
8	25	26	27	28	29	30	16	17	18

0073*SB8110 FLDERCKE

DREI

HH1 HAMBURG

21.06.78 1832

9	16	17	18	28	29	30	31	32	33
10	16	17	18	31	32	33	19	20	21
11	19	20	21	31	32	33	22	23	24
12	31	32	33	34	35	36	22	23	24
13	25	26	27	37	38	39	40	41	42
14	25	26	27	40	41	42	28	29	30
15	28	29	30	40	41	42	31	32	33
16	40	41	42	43	44	45	31	32	33
17	31	32	33	43	44	45	46	47	48
18	31	32	33	46	47	48	34	35	36
19	37	38	39	49	50	51	40	41	42
20	49	50	51	52	53	54	40	41	42
21	40	41	42	52	53	54	55	56	57
22	40	41	42	55	56	57	43	44	45
23	43	44	45	55	56	57	46	47	48
24	55	56	57	58	59	60	46	47	48

LASTEN

KNOTENNR	ORDINATENWERT DER KNOTENLAST	BELASTUNGSART
11	-2,500	STRECKENLAST
59	-2,500	STRECKENLAST
23	-5,000	STRECKENLAST
35	-5,000	STRECKENLAST
47	-5,000	STRECKENLAST

 VERSCHIEBUNGSVEKTOR NACH 5 FOURIERKOEFFIZIENTEN

 ELEMENTNR. KNOTEN X-VERSCHIEBUNG Y-VERSCHIEBUNG Z-VERSCHIEBUNG

1	A	0.674375E-03	-0.662829E+00	-0.314518E-01
	B	0.339803E-03	-0.662141E+00	-0.314589E-01
	C	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
2	A	0.674375E-03	-0.662829E+00	-0.314518E-01
	B	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
	C	0.249186E-03	-0.663042E+00	-0.104818E-01
3	A	0.249186E-03	-0.663042E+00	-0.104818E-01
	B	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
	C	-0.254290E-03	-0.663041E+00	0.104623E-01
4	A	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
	B	-0.119103E-03	-0.662366E+00	0.104675E-01
	C	-0.254290E-03	-0.663041E+00	0.104623E-01
5	A	-0.254290E-03	-0.663041E+00	0.104623E-01
	B	-0.119103E-03	-0.662366E+00	0.104675E-01
	C	-0.340712E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
6	A	-0.254290E-03	-0.663041E+00	0.104623E-01
	B	-0.340712E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
	C	-0.670169E-03	-0.662812E+00	0.314457E-01
7	A	0.339803E-03	-0.662141E+00	-0.314589E-01
	B	0.198476E-06	-0.661922E+00	-0.314417E-01
	C	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
8	A	0.198476E-06	-0.661922E+00	-0.314417E-01
	B	0.252458E-06	-0.662138E+00	-0.104810E-01
	C	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
9	A	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
	B	0.252458E-06	-0.662138E+00	-0.104810E-01
	C	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
10	A	0.115299E-03	-0.662365E+00	-0.104794E-01
	B	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
	C	-0.119103E-03	-0.662366E+00	0.104675E-01
11	A	-0.119103E-03	-0.662366E+00	0.104675E-01
	B	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
	C	-0.340712E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
	A	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01

12	B	0.360523E-06	-0.661921E+00	0.314365E-01
	C	-0.340712E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
13	A	0.198476E-06	-0.661922E+00	-0.314417E-01
	B	-0.339406E-03	-0.662141E+00	-0.314590E-01
	C	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
14	A	0.198476E-06	-0.661922E+00	-0.314417E-01
	B	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
	C	0.252458E-06	-0.662138E+00	-0.104810E-01
15	A	0.252458E-06	-0.662138E+00	-0.104810E-01
	B	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
	C	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
16	A	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
	B	0.119716E-03	-0.662366E+00	0.104674E-01
	C	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
17	A	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
	B	0.119716E-03	-0.662366E+00	0.104674E-01
	C	0.341433E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
18	A	0.306389E-06	-0.662143E+00	0.104621E-01
	B	0.341433E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
	C	0.360523E-06	-0.661921E+00	0.314365E-01
19	A	-0.339406E-03	-0.662141E+00	-0.314590E-01
	B	-0.673979E-03	-0.662830E+00	-0.314519E-01
	C	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
20	A	-0.673979E-03	-0.662830E+00	-0.314519E-01
	B	-0.248683E-03	-0.663042E+00	-0.104819E-01
	C	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
21	A	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
	B	-0.248683E-03	-0.663042E+00	-0.104819E-01
	C	0.254902E-03	-0.663041E+00	0.104622E-01
22	A	-0.114794E-03	-0.662366E+00	-0.104794E-01
	B	0.254902E-03	-0.663041E+00	0.104622E-01
	C	0.119716E-03	-0.662366E+00	0.104674E-01
23	A	0.119716E-03	-0.662366E+00	0.104674E-01
	B	0.254902E-03	-0.663041E+00	0.104622E-01
	C	0.341433E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01
24	A	0.254902E-03	-0.663041E+00	0.104622E-01
	B	0.670889E-03	-0.662812E+00	0.314456E-01
	C	0.341433E-03	-0.662157E+00	0.314338E-01

```
*****
SPANNUNGEN JE ELEMENT,BERECHNET AUF ELEMENTMITTE,FUER DEN 5. FOUKIERKUEFFIZIENTEN
*****
ELEMENTNR.  Z/L      SIGX      SIGY      SIGZ      IXY      IYZ      TLX
*****
1      0.5000      0.13234E+03      0.45986E+02      0.15956E+04      0.91386E+02      0.46731E+06      -0.13447E+06
2      0.5000      0.17534E+03      -0.46269E+02      0.11399E+04      -0.66241E+02      0.72999E+06      -0.18803E+06
3      0.5000      -0.55849E+02      0.48900E+02      0.21908E+03      -0.12588E+03      0.11593E+05      -0.34831E+07
4      0.5000      0.58677E+02      -0.44517E+02      -0.21626E+03      0.78558E+02      0.10084E+05      0.58135E+08
5      0.5000      -0.17632E+03      0.40839E+02      -0.11409E+04      0.88271E+02      0.69552E+06      0.80878E+07
6      0.5000      -0.13475E+03      -0.36129E+02      -0.15925E+04      -0.67230E+02      0.52384E+06      0.29460E+06
7      0.5000      0.12598E+03      0.43269E+02      0.15927E+04      -0.87799E+02      0.31810E+06      -0.19774E+06
8      0.5000      0.19582E+03      -0.44283E+02      0.11460E+04      0.87131E+02      0.58732E+06      -0.72890E+08
9      0.5000      -0.38700E+02      0.42192E+02      0.22199E+03      0.87131E+02      0.87670E+06      -0.73105E+08
10     0.5000      0.39143E+02      -0.52113E+02      -0.22385E+03      -0.93548E+02      0.86070E+06      0.39395E+07
11     0.5000      -0.19586E+03      0.33243E+02      -0.11485E+04      -0.83835E+02      0.54784E+06      0.11446E+06
12     0.5000      -0.12640E+03      -0.47678E+02      -0.15933E+04      0.90146E+02      0.32843E+06      0.36406E+07
13     0.5000      0.12599E+03      0.43269E+02      0.15927E+04      0.87799E+02      0.31807E+06      0.19789E+06
14     0.5000      0.19582E+03      -0.44283E+02      0.11460E+04      -0.87131E+02      0.58732E+06      0.73627E+08
15     0.5000      -0.38700E+02      0.42192E+02      0.22199E+03      -0.87131E+02      0.87675E+06      0.73413E+08
16     0.5000      0.39143E+02      -0.52113E+02      -0.22385E+03      0.93547E+02      0.86068E+06      -0.39438E+07
17     0.5000      -0.19586E+03      0.33243E+02      -0.11485E+04      0.83834E+02      0.54781E+06      -0.11455E+05
18     0.5000      -0.12640E+03      -0.47678E+02      -0.15933E+04      -0.90146E+02      0.35847E+06      -0.36571E+07
19     0.5000      0.13234E+03      0.45987E+02      0.15956E+04      -0.91386E+02      0.46731E+06      0.13457E+05
20     0.5000      0.17534E+03      -0.46269E+02      0.11399E+04      0.66241E+02      0.75304E+06      0.18809E+05
21     0.5000      -0.55849E+02      0.48900E+02      0.21908E+03      0.12588E+03      0.11594E+05      0.34844E+07
22     0.5000      0.58677E+02      -0.44517E+02      -0.21625E+03      -0.78558E+02      0.10084E+05      -0.58324E+08
23     0.5000      -0.17632E+03      0.40839E+02      -0.11409E+04      0.88271E+02      0.69557E+06      -0.80940E+07
24     0.5000      -0.13475E+03      -0.36130E+02      -0.15925E+04      -0.67230E+02      0.52389E+06      -0.29470E+06
*****
```

Dateneingabe für Schalenelement im Testbeispiel

```
12, 60, 18, 5, 5, 5, 0,  
Rohrsegment als Balken dargestellt  
100.,  
100., 101., 0., 1.13,  
101., 102., 0., 1.13,  
102., 103., 0., 1.13,  
100., 101., 1.13, 2.25,  
101., 102., 1.13, 2.25,  
102., 103., 1.13, 2.25,  
100., 101., 2.25, 3.38,  
101., 102., 2.25, 3.38,  
102., 103., 2.25, 3.38,  
100., 101., 3.38, 4.5,  
101., 102., 3.38, 4.5,  
102., 103., 3.38, 4.5,  
1, 2, 6, 5,  
2, 3, 7, 6,  
3, 4, 8, 7,  
5, 6, 10, 9,  
6, 7, 11, 10,  
7, 8, 12, 11,  
9, 10, 14, 13,  
10, 11, 15, 14,  
11, 12, 16, 15,  
13, 14, 18, 17,  
14, 15, 19, 18,  
15, 16, 20, 19,  
10, -10., 100.,  
58, -10., 100.,  
22, -20., 100.,  
34, -20., 100.,  
46, -20., 100.,
```

Für dieses Programm ist eine Generierung in den Koordinaten,
Knotennummern und Belastungen nicht vorgesehen.

Die Knotennummern werden im Programm auf die Freiheitsgrade um-
gerechnet.

QUEBER., SPR.=FTN, P.=-STD-, QUELLE=/FREMDSTRING

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MO STDHP WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000010 C *****
000020 C HALBANALYTISCHE, VIERECKIGE SCHALENELEMENTE
000030 C *****
000040 DIMENSION A(11000)
000050 INTEGER B(1000)
000060 INTEGER ELANZ, FRANZ, BAND, ANKNP, RANZ
000070 READ 100, ELANZ, FRANZ, BAND, ANKNP, M, NF, RANZ
000080 100 FORMAT(10B)
000090 N1=FRANZ*BAND+1
000100 N2=N1+ELANZ
000110 N3=N2+ELANZ
000120 N4=N3+ELANZ
000130 N5=N4+ELANZ
000140 N6=N5+FRANZ
000150 N7=N6+FRANZ*NF
000160 N8=N7+ANKNP
000170 N9=N8+ANKNP
000180 N10=N9+BAND
000190 N11=N10+M*2
000200 N12=N11+M*2
000210 N13=N12+M*2
000220 N14=N13+M
000230 N15=N14+ELANZ*M*6
000240 NA=N15
000250 I1=12*ELANZ+1
000260 I2=I1+ANKNP
000270 I3=I2+ELANZ*4
000280 I4=I3+RANZ
000290 NB=I4
000300 CALL PRUG(A(1), A(N1), A(N2), A(N3), A(N4), A(N5), FRANZ, BAND, ELANZ,
000310 >ANKNP, RANZ, M, B(1), A(N6), B(I1), A(N7), A(N8), A(N9), A(N10),
000320 >A(N11), A(N12), A(N13), NF, NA, NB, A(N14), B(I2), B(I3))
000330 STOP
000340 END
ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

```

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 0.83

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MO PROG WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000350 SUBROUTINE PRUG(SK, XA, XB, YA, YB, P, FRANZ, BAND, ELANZ, ANKNP, RANZ,
000360 >M, BUL, VER, PN, PWERT, PDEL, C, U, V, W, Z, NF, NA, NB, SS, NP, NK)
000370 REAL KE(12,12)
000380 INTEGER FRANZ, BAND, ELANZ, ANKNP, BUL(ELANZ,12), PN(ANKNP), RANZ
000390 DIMENSION SK(FRANZ, BAND), XA(ELANZ), XB(ELANZ), YA(ELANZ), YB(ELANZ),
000400 >P(FRANZ), VER(FRANZ, NF), PWERT(ANKNP), PDEL(ANKNP), C(BAND),
000410 >Z(M), U(2, M), V(2, M), W(2, M), SS(ELANZ, M, 6), NP(ELANZ, 4), NK(RANZ)
000420 CALL DATEN(XA, XB, YA, YB, B, BUL, FRANZ, BAND, ELANZ, NF, PN, ANKNP,
000430 >PWERT, PDEL, M, NA, NB, NP, RANZ, NK)
000440 DZ=B/(M-1)
000450 DO 4 J=1, M

```

```

000460      4 Z(J)=DZ*(J-1)
000470      N=1
000480     10 CONTINUE
000490      DO 1 I=1,FRANZ
000500      VER(I,N)=0.
000510      P(I)=0.
000520      DO 1 II=1,BAND
000530      1 SK(I,II)=0.
000540      DO 3 I=1,ELANZ
000550      CALL STEIF(XA(I),XB(I),YA(I),YB(I),B,N,KE)
000560      3 CALL BOULB(SK,KE,BOL,FRANZ,ELANZ,I,BAND)
000570      DO 19 I=1,FRANZ
000580     19 IF(SK(I,1).EQ.0.) SK(I,1)=1.
000590      CALL LAST(B,FRANZ,P,N,ANKNP,PN,PWERT,PDEL)
000600      CALL SSUL(SK,P,C,FRANZ,BAND)
000610      DO 20 I=1,FRANZ
000620     20 VER(I,N)=VER(I,N)+P(I)
000630      N=N+2
000640      IF(N.GT.NF) GO TO 11
000650      GO TO 10
000660     11 CONTINUE
000670      CALL ERG(FRANZ,VER,NF,M,U,V,W,Z,BOL,ELANZ,B,XA,XB,YA,YB,SS,NP)
000680      RETURN
000690      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCUMP (0075.02) 0.99

START PS&FTNCOMP (0075.02)

MD DATEN WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

000700      SUBROUTINE DATEN(XA,XB,YA,YB,B,BOL,FRANZ,BAND,ELANZ,NF,PN,
000710      >ANKNP,PWERT,PDEL,MM,NA,NB,NP,RANZ,NR)
000720  C      EINLESEN UND AUSDRUCKEN DER DATEN
000730      INTEGER FRANZ,BAND,ELANZ,BOL(ELANZ,12),ANKNP,PN(ANKNP),RANZ
000740      DIMENSION XA(ELANZ),XB(ELANZ),YA(ELANZ),YB(ELANZ),ITEXT(18),
000750      >PWERT(ANKNP),PDEL(ANKNP),NP(ELANZ,4),NR(RANZ)
000760      READ 99,(ITEXT(I),I=1,18)
000770      READ 100,B
000780      DO 1 J=1,ELANZ
000790      READ 100,XA(J),XB(J),YA(J),YB(J)
000800      1 READ 100,(NP(J,K),K=1,4)
000810      IF(RANZ.NE.0) READ 100,(NR(I),I=1,RANZ)
000820      DO 2 I=1,ANKNP
000830      2 READ 100,PN(I),PWERT(I),PDEL(I)
000840      PRINT 110
000850      PRINT 98,(ITEXT(I),I=1,18)
000860      PRINT 109
000870      PRINT 111
000880      PRINT 117,ELANZ,FRANZ,RANZ,BAND
000890      PRINT 102,MM
000900      PRINT 101,NF
000910      PRINT 104
000920      PRINT 112,B
000930      PRINT 113
000940      CC=0.01/4533
000950      DO 3 I=1,ELANZ
000960      PRINT 114,XA(I),XB(I),YA(I),YB(I)
000970      YA(I)=YA(I)*CC
000980      3 YB(I)=YB(I)*CC

```

```

000990      PRINT 109
001000      PRINT 115
001010      PRINT 118
001020      DO 4 I=1,ELANZ
001030      DO 10 K=1,4
001040      NN=NP(I,K)
001050      BDL(I,K*3-2)=NN*3-2
001060      BDL(I,K*3-1)=NN*3-1
001070      10 BDL(I,K*3)=NN*3
001080      DO 8 K=1,12
001090      KK=BDL(I,K)
001100      DO 8 L=1,RANZ
001110      8 IF(KK.EQ.NR(L)) BDL(I,K)=0
001120      PRINT 119,I,(NP(I,J),J=1,4)
001130      PRINT 116,I,(BDL(I,J),J=1,12)
001140      4 PRINT 106
001150      PRINT 109
001160      PRINT 107
001170      PRINT 108,(NR(L),L=1,RANZ)
001180      PRINT 109
001190      PRINT 120
001200      PRINT 121
001210      DO 5 I=1,ANKNP
001220      5 PRINT 122,PN(I),PWERT(I),PDEL(I)
001230      PRINT 109
001240      PRINT 103,NA,NB
001250      98 FORMAT(X,18A4)
001260      99 FORMAT(18A4)
001270      100 FORMAT(12B)
001280      101 FURMAT(X'FOURIERREIHE LAEFT BIS N = ',I5/)
001290      102 FORMAT(X'ANZAHL DER STUETZSTELLEN IN Z-RICHTUNG : M = ',I3/)
001300      103 FURMAT(X'BELEGUNG DES REAL-FELDES A : ',I5/,
001310      >X'BELEGUNG DES INTEGER-FELDES B ',I5/)
001320      104 FORMAT(X'VERFORMUNGSVERLAUF LINEAR IN TETA'/)
001330      106 FORMAT(X72(1H-))
001340      107 FORMAT(X'UNTERDRUECKTE FREIHEITSGRADE : '/X31(1H*)/)
001350      108 FORMAT(X10I6)
001360      109 FORMAT(1H0)
001370      110 FORMAT(1H1)
001380      111 FURMAT(X'EINGABEDATEN : '/X15(1H*)/)
001390      112 FORMAT(X'LAENGE : ',F9.2,2X'CM'//)
001400      113 FORMAT(3X'XA(CM)',7X'XB(CM)',6X'YA(GRAD)',5X'YB(GRAD)'/X49(1H*)/)
001410      114 FORMAT(2X,4(E9.3,4X))
001420      115 FORMAT(X'FREIHEITSGRADZUORDNUNG : ',/X25(1H-)/)
001430      116 FORMAT(8X,4(X3(XI4)))
001440      117 FORMAT(X'ANZAHL DER ELEMENTE.....',I5/
001450      >X'ANZAHL DER FREIHEITSGRADE... ',I5/
001460      >X'ANZAHL DER RANDBEDINGUNGEN.. ',I5/
001470      >X'HALBE BANDBREITE..... ',I5/)
001480      118 FORMAT(X'ELEMENT'6X'KNOTEN 1'8X'KNOTEN 2'8X'KNOTEN 3'
001490      >8X'KNOTEN 4'//X72(1H*))
001500      119 FURMAT(3XI3,10XI3,3(13XI3))
001510      120 FORMAT(X'BELASTUNGSDATEN : ',/X18(1H-)/)
001520      121 FORMAT(X'FREIHEITSGRAD',5X,'LASTWERT (KP)',5X,
001530      >'LASTBREITE (CM)',/X52(1H*)/)
001540      122 FURMAT(7X,I4,8X,E12.2,9X,E10.2)
001550      RETURN
001560      END

```

ENDE PROTOKOLL
KEINE SYNTAXFEHLER

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MD LAST WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```
001570 SUBROUTINE LAST(B,FRANZ,P,N,ANKNP,PN,PWERT,PDEL)
001580 C BERECHNET DIE AEQUIVALENTEN KNOTENKRAEFTE FUER
001590 C IN Z - RICHTUNG KONSTANTE STRECKENLAST
001600 REAL NN
001610 INTEGER FRANZ,ANKNP,PN
001620 DIMENSION P(FRANZ),PWERT(ANKNP),PDEL(ANKNP),PN(ANKNP)
001630 NN=N
001640 PI=3.14159265
001650 DO 1 I=1,ANKNP
001660 M=PN(I)
001670 C1=NN*PI/(2.*B)*(B-PDEL(I))
001680 C2=PWERT(I)*B/(NN*PI)*2,
001690 P(M)=C2*COS(C1)
001700 1 CONTINUE
001710 RETURN
001720 END
```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 0.85

START PS&FTNCOMP (0075.02)
MD ERG WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```
001730 SUBROUTINE ERG(FRANZ,VER,NF,MM,U,V,W,Z,BOL,ELANZ,B,XA,XB,YA,YB,
001740 >SS,NP)
001750 C ERGEBNIS AUSDRUCK
001760 INTEGER ELANZ,FRANZ,BOL(ELANZ,12)
001770 DIMENSION VER(FRANZ,NF),Z(MM),U(2,MM),V(2,MM),W(2,MM),S(6),D(6,6),
001780 >X(4),XA(ELANZ),XB(ELANZ),YA(ELANZ),YB(ELANZ),DEL(12),
001790 >SS(ELANZ,MM,6),NP(ELANZ,4)
001800 DATA D/36*0./
001810 PI=3.1415926544
001820 RNUE=.28
001830 E=2.1E6
001840 D(1,1)=1.-RNUE
001850 D(1,2)=RNUE
001860 D(1,3)=RNUE
001870 D(2,1)=RNUE
001880 D(2,2)=D(1,1)
001890 D(2,3)=RNUE
001900 D(3,1)=RNUE
001910 D(3,2)=RNUE
001920 D(3,3)=D(1,1)
001930 D(4,4)=.5*(1.-2.*RNUE)
001940 D(5,5)=D(4,4)
001950 D(6,6)=D(4,4)
001960 DO 20 J=1,6
001970 DO 20 JJ=1,6
001980 20 D(J,JJ)=D(J,JJ)*E/((1.+RNUE)*(1.-2.*RNUE))
001990 C
002000 C VERSCHIEBUNGEN
002010 C
002020 JK=1
002030 DO 10 I=1,ELANZ
002040 IF(JK.NE.I) GO TO 11
```

```

002050      PRINT 101
002060      PRINT 107
002070      PRINT 100
002080      JK=JK+2
002090      11 CONTINUE
002100      I1=1
002110      PRINT 103,I
002120      DO 9 K=1,2
002130      KK=5-K
002140      PRINT 104, K, KK
002150      PRINT 105
002160      I2=BDL(I,I1)
002170      I3=BDL(I,I1+1)
002180      I4=BDL(I,I1+2)
002190      I5=BDL(I,I1-1)
002200      I6=BDL(I,I2-I1)
002210      I7=BDL(I,I3-I1)
002220      DO 1 M=1,MM
002230      U(1,M)=0.
002240      U(2,M)=0.
002250      V(1,M)=0.
002260      V(2,M)=0.
002270      W(1,M)=0.
002280      W(2,M)=0.
002290      DO 1 J=1,NF,2
002300      RJ=J
002310      C1=RJ*PI/B*Z(M)
002320      IF(I2.NE.0) U(1,M)=U(1,M)+VER(I2,J)*SIN(C1)
002330      IF(I3.NE.0) V(1,M)=V(1,M)+VER(I3,J)*SIN(C1)
002340      IF(I4.NE.0) W(1,M)=W(1,M)+VER(I4,J)*COS(C1)
002350      IF(I5.NE.0) U(2,M)=U(2,M)+VER(I5,J)*SIN(C1)
002360      IF(I6.NE.0) V(2,M)=V(2,M)+VER(I6,J)*SIN(C1)
002370      IF(I7.NE.0) W(2,M)=W(2,M)+VER(I7,J)*COS(C1)
002380      1 CONTINUE
002390      DO 8 M=1,MM
002400      8 PRINT 200,Z(M),U(1,M),V(1,M),W(1,M),U(2,M),V(2,M),W(2,M)
002410      PRINT 100
002420      9 I1=I1+3
002430      C
002440      C      SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT
002450      C
002460      X(1)=XA(I)
002470      X(2)=XB(I)
002480      X(3)=YA(I)
002490      X(4)=YB(I)
002500      A=X(2)/X(1)
002510      BETA=X(4)-X(3)
002520      R=.5*(XA(I)+XB(I))
002530      T=.5*(YA(I)+YB(I))
002540      DO 4 M=1,MM
002550      ZZ=Z(M)
002560      DO 5 N=1,NF,2
002570      DO 6 K=1,12
002580      KK=BDL(I,K)
002590      DEL(K)=0.
002600      IF(KK.NE.0) DEL(K)=VER(KK,N)
002610      6 CONTINUE
002620      5 CALL SPANN(B,R,T,A,BETA,N,ZZ,DEL,S,D,X)
002630      DO 21 K=1,6
002640      21 SS(T,M,K)=S(K)

```

```

002670      JK=1
002680      DU 40 I=1,ELANZ
002690      IF(JK.NE.I) GO TO 35
002700      PRINT 101
002710      PRINT 108
002720      PRINT 100
002730      JK=JK+4
002740      35 CONTINUE
002750      PRINT 103,I
002760      PRINT 106
002770      DU 30 M=1,MM
002780      30 PRINT 200,Z(M),(SS(I,M,K),K=1,6)
002790      PRINT 100
002800      40 CONTINUE
002810      100 FORMAT(1H0)
002820      101 FORMAT(1H1)
002830      102 FORMAT(X'KNOTENLINIE ',I3/X16(1H=)/)
002840      103 FORMAT(X'ELEMENT ',I3/X12(1H=)/)
002850      104 FORMAT(X14X'KNOTENLINIE ',I3,17X'KNOTENLINIE ',I3/
002860      >15X16(1H=)17X16(1H=))
002870      105 FORMAT(X2X'Z' 7X'U'10X'V'10X'W'10X'U'10X'V'10X'W'/
002880      >X 70(1H=)/)
002890      106 FORMAT(X2X'Z' 5X'SIG(R)'5X'SIG(T)'5X'SIG(Z)'
002900      > 4X'TAU(R,Z)'3X'TAU(R,T)'3X'TAU(T,Z)'/X 71(1H=)/)
002910      107 FORMAT(X'VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :'/X38(1H*))
002920      108 FORMAT(X'SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT :'/X30(1H*))
002930      200 FORMAT(XF4.0,2X,6(E10.3,X))
002940      RETURN
002950      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 2.04

START PS&FTNCOMP (0075.02)

MD SPANN WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

002960      SUBROUTINE SPANN(B,R,T,A,BETA,N,Z,DEL,S,D,X)
002970      C      HILFSROUTINE ZUR SPANNUNGSBERECHNUNG
002980      DIMENSION DEL(12),S(6),D(6,6),X(4),BB(6,12),SS(6,12),SIG(6)
002990      DATA BB/72*0./
003000      PI=3.1415926544
003010      R1=X(1)
003020      T1=X(3)
003030      T2=X(4)
003040      C1=N*PI*Z/B
003050      C2=SIN(C1)
003060      C3=COS(C1)
003070      C4=1./(1.-A)
003080      C8=A/R
003090      C5=R/R1-A
003100      C6=(T2-T1)/BETA
003110      C7=-1./BETA
003120      II=-9
003130      IC=9
003140      1 II=II+IC
003150      BB(1,1+II)=C4/R1*C6*C2
003160      BB(2,1+II)=C4/R*C5*C6*C2
003170      BB(2,2+II)=C4/R*C5*C7*C2
003180      BB(3,3+II)=-C4*C5*C6*C2*N*PI/B
003190      BB(5,1+II)=BB(2,2+II)

```

```

003200      BB(5,2+II)=C8*C4*C6*C2
003210      BB(4,1+II)=N*PI/B*C5*C4*C6*C3
003220      BB(5,2+II)=BB(4,1+II)
003230      BB(4,3+II)=C4/R1*C6*C3
003240      BB(6,3+II)=C4/R*C5*C7*C3
003250      C6=(T-T1)/BETA
003260      C7=-C7
003270      IF(II.LT.5) GO TO 1
003280      C6=(T2-T)/BETA
003290      C4=-C4
003300      C5=R/R1-1.
003310      C8=1./R
003320      II=II-9
003330      IC=3
003340      IF(II.EQ.0) GO TO 1
003350      CALL MAMU(D,BB,SS,6,6,12)
003360      CALL MAMU(SS,DEL,SIG,6,12,1)
003370      IF(N.NE.1) GO TO 2
003380      DO 3 J=1,6
003390      3 S(J)=0.
003400      2 DO 4 J=1,6
003410      4 S(J)=S(J)+SIG(J)
003420      RETURN
003430      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 1.05

START PS&FTNCOMP (0075.02)

MD BOULB WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

003440      SUBROUTINE BOULB(SK,KE,BOL,FRANZ,ELANZ,IE,BAND)
003450      C
003460      REAL KE(12,12)
003470      INTEGER ELANZ,FRANZ,BAND,BOL(ELANZ,12)
003480      DIMENSION SK(FRANZ,BAND)
003490      DO 100 I=1,12
003500      DO 101 K=1,12
003510      IF(BOL(IE,I).EQ.0) GO TO 100
003520      IF(BOL(IE,K).EQ.0) GO TO 101
003530      J1=BOL(IE,I)
003540      J2=BOL(IE,K)
003550      IF(J1.GT.J2) GO TO 101
003560      SK(J1,J2-(J1-1))=SK(J1,J2-(J1-1))+KE(I,K)
003570      101 CONTINUE
003580      100 CONTINUE
003590      RETURN
003600      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCOMP (0075.02) 0.67

START PS&FTNCOMP (0075.02)

MD STEIF WURDE ERZEUGT

ANFANG PROTOKOLL

```

003610      SUBROUTINE STEIF(R1,R2,WI1,WI2,B,NI,K)
003620      C
003630      C      AUFSTELLEN DER ELEMENTSTEIFIGKEITSMATRIX FUER EIN SCHALENELEMENT

```

```

003640 C
003650 REAL KE(32,3,3),K(12,12),KU(20,3,3),KA(10,3,3),N
003660 DIMENSION C(32)
003670 DATA KE/288*0./
003680 N=NI
003690 E=2.1E6
003700 RNUE=0.28
003710 PI=3.14159265
003720 A=R2/R1
003730 BETA=W12-W11
003740 C1=E/((1.+RNUE)*(1.-2.*RNUE))
003750 C2=1.-RNUE
003760 C3=.5*(1.-2.*RNUE)
003770 C4=N*PI/B
003780 C5=C4*RNUE
003790 D1=B*BETA/6.
003800 D2=.5*D1
003810 D3=.5*B/BETA
003820 D4=.25*B
003830 C8=A-1.
003840 C9=A+1.
003850 C10=ALOG(A)
003860 C
003870 CC0=-1.
003880 CC1=1.
003890 CC2=1./(C8*C8)
003900 CC3=C8*C9
003910 CC4=R1/2.
003920 F=A*A
003930 G=F*A
003940 H=G*A
003950 CC7=-1.5*F+2.*A-.5*F*CC10
003960 CC8=-.5*CC3+A*CC10
003970 CC9=F*.5-2.*A+1.5+CC10
003980 CC10=-CC2
003990 CC11=CC10*C4*C3
004000 CC12=G-3.*F+3.*A-1.
004010 C
004020 C BESTIMMUNG DER 32 FAKTOREN FUER DIE BAUMATRIZEN
004030 C
004040 C(1)=CC2
004050 C(2)=CC2*CC1*CC7
004060 C(3)=CC2*C3
004070 C(4)=C(2)*C3
004080 C(5)=-CC2
004090 C(6)=-CC2*CC1*CC8
004100 C(7)=C(5)*C3
004110 C(8)=C(6)*C3
004120 C(9)=CC2
004130 C(10)=CC2*CC1*CC9
004140 C(11)=C(3)
004150 C(12)=C(10)*C3
004160 C(13)=C(5)
004170 C(14)=C(6)
004180 C(15)=C(7)
004190 C(16)=C(8)
004200 C(17)=-CC10
004210 C(18)=C(17)
004220 C(19)=-CC11*R1/3.*CC12
004230 C(20)=C(17)
004240 C(21)=CC10
004250 C(22)=CC10

```

```

004260      C(23)=CC11*(-CC4)/3.*CC12
004270      C(24)=C(23)
004280      C(25)=-CC10
004290      C(26)=C(25)
004300      C(27)=C(19)
004310      C(28)=C(27)
004320      C(29)=C(22)
004330      C(30)=C(21)
004340      C(31)=C(24)
004350      C(32)=C(23)
004360      DU 30 J=1,32
004370      30 C(J)=C(J)*C1
004380      C
004390      C      AUFSTELLEN DER 32 BAUMMATRIZEN
004400      C
004410      KE(1,1,1)=-F+2.*A-1.+F*CC10*CC2
004420      KE(1,1,3)=-C5*CC4/3.*(G-6.*F+9.*A-4.)
004430      KE(1,2,2)=C3*F*CC10
004440      KE(1,3,1)=KE(1,1,3)
004450      KE(1,3,3)=C4*CC4*CC4*CC4/3.*C2*(H-6.*F+8.*A-3.)
004460      KE(2,1,1)=C3
004470      KE(2,2,2)=C2
004480      KE(3,1,1)=KE(1,3,3)/C2
004490      KE(3,1,3)=-C4*CC4/3.*(G+2.-3.*A)
004500      KE(3,2,2)=KE(3,1,1)
004510      KE(3,3,1)=KE(3,1,3)
004520      KE(3,3,3)=.5*(F-1.)
004530      KE(4,3,3)=1.
004540      KE(5,1,1)=A*CC10*CC2
004550      KE(5,1,3)=-C5*CC4/3.*(G-3.*A+2.)
004560      KE(5,2,2)=C3*A*CC10
004570      KE(5,3,1)=-C5*CC4/3.*(-2.*G+3.*F-1.)
004580      KE(5,3,3)=C4*CC4*CC2*CC4*CC4/3.*(-H+2.*G-2.*A+1.)
004590      KE(6,1,1)=C3
004600      KE(6,2,2)=C2
004610      KE(7,1,1)=KE(5,3,3)/C2
004620      KE(7,1,3)=C4*CC4/3.*(-G+3.*A-2.)
004630      KE(7,2,2)=KE(7,1,1)
004640      KE(7,3,1)=C4*CC4/3.*(2.*G-3.*F+1.)
004650      KE(7,3,3)=.5*(F-1.)
004660      KE(8,3,3)=1.
004670      KE(9,1,1)=F-2.*A+1.+C2*CC10
004680      KE(9,1,3)=-C5*CC4/3.*(4.*G-9.*F+6.*A-1.)
004690      KE(9,2,2)=C3*CC10
004700      KE(9,3,1)=KE(9,1,3)
004710      KE(9,3,3)=C4*CC4*CC2*CC4*CC4/3.*(3.*H-8.*G+6.*F-1.)
004720      KE(10,1,1)=C3
004730      KE(10,2,2)=C2
004740      KE(11,1,1)=KE(9,3,3)/C2
004750      KE(11,1,3)=C4*CC4/3.*(2.*G-3.*F+1.)
004760      KE(11,2,2)=KE(11,1,1)
004770      KE(11,3,1)=KE(11,1,3)
004780      KE(11,3,3)=KE(7,3,3)
004790      KE(12,3,3)=1.
004800      KE(13,1,1)=KE(5,1,1)
004810      KE(13,1,3)=KE(5,3,1)
004820      KE(13,2,2)=KE(5,2,2)
004830      KE(13,3,1)=KE(5,1,3)
004840      KE(13,3,3)=KE(5,3,3)
004850      KE(14,1,1)=KE(6,1,1)
004860      KE(14,2,2)=KE(6,2,2)
004870      KE(15,1,1)=KE(7,1,1)

```

```

004880      KE(15,1,3)=KE(7,3,1)
004890      KE(15,2,2)=KE(7,2,2)
004900      KE(15,3,1)=KE(7,1,3)
004910      KE(15,3,3)=KE(7,3,3)
004920      KE(16,3,3)=KE(8,3,3)
004930      KE(17,1,2)=.5*CC3-A*CC8*(1.+C2)+C2*F*CC10
004940      KE(17,2,1)=C3*(A*CC8-F*CC10)
004950      KE(17,3,2)=-C5*R1/3.*CC12
004960      KE(18,1,2)=KE(17,2,1)
004970      KE(18,2,1)=KE(17,1,2)
004980      KE(18,2,3)=KE(17,3,2)
004990      KE(19,2,3)=1.
005000      KE(20,3,2)=1.
005010      KE(21,1,2)=.5*CC3-CC8*(1.+A*CC2)+A*CC2*CC10
005020      KE(21,2,1)=C3*(A*CC8-A*CC10)
005030      KE(21,3,2)=-C5*(-CC4/3.)*CC12
005040      KE(22,1,2)=C3*(CC8-A*CC10)
005050      KE(22,2,1)=.5*CC3-CC8*(A+CC2)+A*CC2*CC10
005060      KE(22,2,3)=-C5*(-CC4/3.)*CC12
005070      KE(23,2,3)=1.
005080      KE(24,3,2)=1.
005090      KE(25,1,2)=.5*CC3-CC8*(1.+C2)+C2*CC10
005100      KE(25,2,1)=C3*(CC8-CC10)
005110      KE(25,3,2)=-C5*R1/3.*CC12
005120      KE(26,1,2)=KE(25,2,1)
005130      KE(26,2,1)=KE(25,1,2)
005140      KE(26,2,3)=KE(25,3,2)
005150      KE(27,2,3)=1.
005160      KE(28,3,2)=1.
005170      KE(29,1,2)=KE(22,2,1)
005180      KE(29,2,1)=KE(22,1,2)
005190      KE(29,3,2)=KE(22,2,3)
005200      KE(30,1,2)=KE(21,2,1)
005210      KE(30,2,1)=KE(21,1,2)
005220      KE(30,2,3)=KE(21,3,2)
005230      KE(31,2,3)=KE(24,3,2)
005240      KE(32,3,2)=KE(23,2,3)

```

C

KONSTANTE FAKTOREN IN BAJMATRIZEN

C

C

```

005280      DJ 40 J=1,32
005290      DJ 40 J1=1,3
005300      DU 40 J2=1,3
005310      40 KE(J,J1,J2)=KE(J,J1,J2)*C(J)

```

C

AUFSTELLEN DER UNTERMATRIZEN

C

C

```

005350      DU 39 I=1,3
005360      DU 41 J=1,3
005370      KU(1,I,J)=D1*(KE(1,I,J)+KE(3,I,J))+D3*(KE(2,I,J)+KE(4,I,J))
005380      KU(2,I,J)=D1*(KE(5,I,J)+KE(7,I,J))+D3*(KE(6,I,J)+KE(8,I,J))
005390      KU(3,I,J)=D2*(KE(5,I,J)+KE(7,I,J))-D3*(KE(6,I,J)+KE(8,I,J))
005400      KU(4,I,J)=D2*(KE(1,I,J)+KE(3,I,J))-D3*(KE(2,I,J)+KE(4,I,J))
005410      KU(5,I,J)=D1*(KE(9,I,J)+KE(11,I,J))+D3*(KE(10,I,J)+KE(12,I,J))
005420      KU(6,I,J)=D2*(KE(9,I,J)+KE(11,I,J))-D3*(KE(10,I,J)+KE(12,I,J))
005430      KU(7,I,J)=D2*(KE(13,I,J)+KE(15,I,J))-D3*(KE(14,I,J)+KE(16,I,J))
005440      KU(8,I,J)=D1*(KE(9,I,J)+KE(11,I,J))+D3*(KE(10,I,J)+KE(12,I,J))
005450      KU(9,I,J)=D1*(KE(13,I,J)+KE(15,I,J))+D3*(KE(14,I,J)+KE(16,I,J))
005460      KU(10,I,J)=D1*(KE(1,I,J)+KE(3,I,J))+D3*(KE(2,I,J)+KE(4,I,J))
005470      KU(11,I,J)=-D4*(KE(17,I,J)+KE(18,I,J)+KE(19,I,J)+KE(20,I,J))
005480      KU(12,I,J)=-D4*(KE(21,I,J)+KE(22,I,J)+KE(23,I,J)+KE(24,I,J))
005490      KU(13,I,J)=D4*(KE(21,I,J)-KE(22,I,J)+KE(23,I,J)-KE(24,I,J))

```

```

005500      KU(14,I,J)=D4*(KE(17,I,J)-KE(18,I,J)+KE(19,I,J)-KE(20,I,J))
005510      KU(15,I,J)=-D4*(KE(25,I,J)+KE(26,I,J)+KE(27,I,J)+KE(28,I,J))
005520      KU(16,I,J)=D4*(KE(25,I,J)-KE(26,I,J)+KE(27,I,J)-KE(28,I,J))
005530      KU(17,I,J)=D4*(KE(29,I,J)-KE(30,I,J)+KE(31,I,J)-KE(32,I,J))
005540      KU(18,I,J)=D4*(KE(25,I,J)+KE(26,I,J)+KE(27,I,J)+KE(28,I,J))
005550      KU(19,I,J)=D4*(KE(29,I,J)+KE(30,I,J)+KE(31,I,J)+KE(32,I,J))
005560      KU(20,I,J)=D4*(KE(17,I,J)+KE(18,I,J)+KE(19,I,J)+KE(20,I,J))
005570      41 CONTINUE
005580      39 CONTINUE
005590      DO 45 M=1,10
005600      DO 45 I=1,3
005610      DO 45 J=1,3
005620      45 KA(M,I,J)=KU(M,I,J)+KU(M+10,I,J)
005630      C
005640      C      BESETZEN DER ELEMENTSTEIFIGKEITSMATRIX MIT DEN UNTERMATRIZEN
005650      C
005660      M1=1
005670      M2=4
005680      KK=0
005690      I=0
005700      DO 60 KL=1,12
005710      I=I+1
005720      IF(I.LT.4) GO TO 59
005730      I=1
005740      KK=KK+3
005750      MD=M2-M1-1
005760      M1=M2+1
005770      M2=M1+MD
005780      59 KS=KK
005790      DO 60 M=M1,M2
005800      DO 60 J=1,3
005810      KS=KS+1
005820      60 K(KL,KS)=KA(M,I,J)
005830      C
005840      C      BESETZEN DER UNTEREN HAELFTE
005850      C
005860      DO 61 I=1,12
005870      DO 61 J=I,12
005880      61 K(J,I)=K(I,J)
005890      RETURN
005900      END

```

ENDE PROTOKOLL

KEINE SYNTAXFEHLER

ENDE PS&FTNCUMP (0075.02) 4.00

MONTIERE

ENDE MONTIERE (22.06) 4.32

MSTARTE,DU.=F-NEST,DATEI=/FREMDSRING

START STDHP

ROHRSEGMENT, TEST MIT BALKEN

EINGABEDATEN :

ANZAHL DER ELEMENTE..... 12
 ANZAHL DER FREIHEITSGRADE... 60
 ANZAHL DER RANDBEDINGUNGEN.. 0
 HALBE BANDBREITE..... 18

ANZAHL DER STUETZSTELLEN IN Z-RICHTUNG : M = 5

FOURIERREIHE LAEFT BIS N = 5

VERFORMUNGSVERLAUF LINEAR IN TETA

LAENGE : 100.00 CM

XA (CM)	XB (CM)	YA (GRAD)	YB (GRAD)
0.100E+03	0.101E+03	0.0	0.113E+01
0.101E+03	0.102E+03	0.0	0.113E+01
0.102E+03	0.103E+03	0.0	0.113E+01
0.100E+03	0.101E+03	0.113E+01	0.225E+01
0.101E+03	0.102E+03	0.113E+01	0.225E+01
0.102E+03	0.103E+03	0.113E+01	0.225E+01
0.100E+03	0.101E+03	0.225E+01	0.338E+01
0.101E+03	0.102E+03	0.225E+01	0.338E+01
0.102E+03	0.103E+03	0.225E+01	0.338E+01
0.100E+03	0.101E+03	0.338E+01	0.450E+01
0.101E+03	0.102E+03	0.338E+01	0.450E+01
0.102E+03	0.103E+03	0.338E+01	0.450E+01

FREIHEITSGRADZUORDNUNG :

ELEMENT	KNOTEN 1			KNOTEN 2			KNOTEN 3			KNOTEN 4		
1	1	1	2	3	2	5	6	6	17	18	5	14
15	1	1	2	3	4	5	6	16	17	18	13	14
2	2	2	5	6	3	8	9	7	20	21	6	17
18	2	4	5	6	7	8	9	19	20	21	16	17
3	3	3	8	9	4	11	12	8	23	24	7	20
21	3	7	8	9	10	11	12	22	23	24	19	20
4	4	5	14	15	6	17	18	10	29	30	9	26
27	4	13	14	15	16	17	18	28	29	30	25	26
5	5	6	17	18	7	20	21	11	32	33	10	29
30	5	16	17	18	19	20	21	31	32	33	28	29

0358*SB8110 FLDERCKE

RDHR

HM1 HAMBURG

20.06./78 18321

6	6	7	20	21	8	22	23	24	12	34	35	36	11	31	32
33															
7	7	9	26	27	10	28	29	30	14	40	41	42	13	37	38
39															
8	8	10	29	30	11	31	32	33	15	43	44	45	14	40	41
42															
9	9	11	32	33	12	34	35	36	16	46	47	48	15	43	44
45															
10	10	13	38	39	14	40	41	42	18	52	53	54	17	49	50
51															
11	11	14	41	42	15	43	44	45	19	55	56	57	18	52	53
54															
12	12	15	44	45	16	46	47	48	20	58	59	60	19	55	56
57															

UNTERDRUECKTE FREIHEITSGRADE :

0

BELASTUNGSDATEN :

FREIHEITSGRAD LASTWERT (KP) LASTBREITE (CM)

10	-0.25E+01	0.10E+03
22	-0.50E+01	0.10E+03
34	-0.50E+01	0.10E+03
46	-0.50E+01	0.10E+03
58	-0.25E+01	0.10E+03

BELEGUNG DES REAL-FELDES A : 1912

BELEGUNG DES INTEGER-FELDES B : 198

VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :

ELEMENT 1

KNOTENLINIE 1 =====				KNOTENLINIE 4 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.335E-01	0.0	0.0	-0.323E-01	
25.	-0.481E+00	-0.181E-01	-0.231E-01	-0.481E+00	-0.906E-02	-0.222E-01	
50.	-0.676E+00	-0.255E-01	0.130E-10	-0.675E+00	-0.127E-01	0.125E-10	
75.	-0.481E+00	-0.181E-01	0.231E-01	-0.481E+00	-0.906E-02	0.222E-01	
100.	0.557E-09	0.209E-10	0.335E-01	0.556E-09	0.104E-10	0.323E-01	

KNOTENLINIE 2 =====				KNOTENLINIE 3 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.120E-01	0.0	0.0	-0.107E-01	
25.	-0.482E+00	-0.186E-01	-0.824E-02	-0.481E+00	-0.932E-02	-0.738E-02	
50.	-0.676E+00	-0.262E-01	0.466E-11	-0.675E+00	-0.131E-01	0.417E-11	
75.	-0.482E+00	-0.186E-01	0.824E-02	-0.481E+00	-0.932E-02	0.738E-02	
100.	0.557E-09	0.215E-10	0.120E-01	0.556E-09	0.108E-10	0.107E-01	

ELEMENT 2

KNOTENLINIE 1 =====				KNOTENLINIE 4 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.120E-01	0.0	0.0	-0.107E-01	
25.	-0.482E+00	-0.186E-01	-0.824E-02	-0.481E+00	-0.932E-02	-0.738E-02	
50.	-0.676E+00	-0.262E-01	0.466E-11	-0.675E+00	-0.131E-01	0.417E-11	
75.	-0.482E+00	-0.186E-01	0.824E-02	-0.481E+00	-0.932E-02	0.738E-02	
100.	0.557E-09	0.215E-10	0.120E-01	0.556E-09	0.108E-10	0.107E-01	

KNOTENLINIE 2 =====				KNOTENLINIE 3 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.953E-02	0.0	0.0	0.108E-01	
25.	-0.482E+00	-0.192E-01	0.656E-02	-0.481E+00	-0.958E-02	0.744E-02	
50.	-0.676E+00	-0.269E-01	-0.371E-11	-0.675E+00	-0.134E-01	-0.420E-11	
75.	-0.482E+00	-0.192E-01	-0.656E-02	-0.481E+00	-0.958E-02	-0.744E-02	
100.	0.557E-09	0.222E-10	-0.953E-02	0.556E-09	0.111E-10	-0.108E-01	

VERFORMUNGEN LAENGs DER KNOTENLINIEN I

ELEMENT 3

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	0.953E-02	0.0	0.0	0.108E-01	
25.	-0.482E+00	-0.192E-01	0.656E-02	-0.481E+00	-0.958E-02	0.744E-02	
50.	-0.676E+00	-0.269E-01	-0.371E-11	-0.675E+00	-0.134E-01	-0.420E-11	
75.	-0.482E+00	-0.192E-01	-0.656E-02	-0.481E+00	-0.958E-02	-0.744E-02	
100.	0.557E-09	0.222E-10	-0.953E-02	0.556E-09	0.111E-10	-0.108E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	0.311E-01	0.0	0.0	0.324E-01	
25.	-0.482E+00	-0.197E-01	0.214E-01	-0.481E+00	-0.984E-02	0.223E-01	
50.	-0.676E+00	-0.276E-01	-0.121E-10	-0.675E+00	-0.138E-01	-0.126E-10	
75.	-0.482E+00	-0.197E-01	-0.214E-01	-0.481E+00	-0.984E-02	-0.223E-01	
100.	0.557E-09	0.228E-10	-0.311E-01	0.556E-09	0.114E-10	-0.324E-01	

ELEMENT 4

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	-0.323E-01	0.0	0.0	-0.319E-01	
25.	-0.481E+00	-0.906E-02	-0.222E-01	-0.481E+00	0.134E-06	-0.219E-01	
50.	-0.675E+00	-0.127E-01	0.125E-10	-0.675E+00	0.189E-06	0.124E-10	
75.	-0.481E+00	-0.906E-02	0.222E-01	-0.481E+00	0.134E-06	0.219E-01	
100.	0.556E-09	0.104E-10	0.323E-01	0.556E-09	-0.153E-15	0.319E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	-0.107E-01	0.0	0.0	-0.103E-01	
25.	-0.481E+00	-0.932E-02	-0.738E-02	-0.481E+00	0.127E-06	-0.709E-02	
50.	-0.675E+00	-0.131E-01	0.417E-11	-0.675E+00	0.180E-06	0.400E-11	
75.	-0.481E+00	-0.932E-02	0.738E-02	-0.481E+00	0.127E-06	0.709E-02	
100.	0.556E-09	0.108E-10	0.107E-01	0.556E-09	-0.145E-15	0.103E-01	

VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :

ELEMENT 5

KNOTENLINIE 1 =====				KNOTENLINIE 4 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.107E-01	0.0	0.0	-0.103E-01	
25.	-0.481E+00	-0.932E-02	-0.738E-02	-0.481E+00	0.127E-06	-0.709E-02	
50.	-0.675E+00	-0.131E-01	0.417E-11	-0.675E+00	0.180E-06	0.400E-11	
75.	-0.481E+00	-0.932E-02	0.738E-02	-0.481E+00	0.127E-06	0.709E-02	
100.	0.556E-09	0.108E-10	0.107E-01	0.556E-09	-0.145E-15	0.103E-01	

KNOTENLINIE 2 =====				KNOTENLINIE 3 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.108E-01	0.0	0.0	0.112E-01	
25.	-0.481E+00	-0.958E-02	0.744E-02	-0.481E+00	0.120E-06	0.772E-02	
50.	-0.675E+00	-0.134E-01	-0.420E-11	-0.675E+00	0.170E-06	-0.436E-11	
75.	-0.481E+00	-0.958E-02	-0.744E-02	-0.481E+00	0.120E-06	-0.772E-02	
100.	0.556E-09	0.111E-10	-0.108E-01	0.556E-09	-0.137E-15	-0.112E-01	

ELEMENT 6

KNOTENLINIE 1 =====				KNOTENLINIE 4 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.108E-01	0.0	0.0	0.112E-01	
25.	-0.481E+00	-0.958E-02	0.744E-02	-0.481E+00	0.120E-06	0.772E-02	
50.	-0.675E+00	-0.134E-01	-0.420E-11	-0.675E+00	0.170E-06	-0.436E-11	
75.	-0.481E+00	-0.958E-02	-0.744E-02	-0.481E+00	0.120E-06	-0.772E-02	
100.	0.556E-09	0.111E-10	-0.108E-01	0.556E-09	-0.137E-15	-0.112E-01	

KNOTENLINIE 2 =====				KNOTENLINIE 3 =====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.324E-01	0.0	0.0	0.328E-01	
25.	-0.481E+00	-0.984E-02	0.223E-01	-0.481E+00	0.113E-06	0.225E-01	
50.	-0.675E+00	-0.138E-01	-0.126E-10	-0.675E+00	0.160E-06	-0.127E-10	
75.	-0.481E+00	-0.984E-02	-0.223E-01	-0.481E+00	0.113E-06	-0.225E-01	
100.	0.556E-09	0.114E-10	-0.324E-01	0.556E-09	-0.130E-15	-0.328E-01	

VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :

ELEMENT 7

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.319E-01	0.0	0.0	-0.323E-01	
25.	-0.481E+00	0.134E-06	-0.219E-01	-0.481E+00	0.906E-02	-0.222E-01	
50.	-0.675E+00	0.189E-06	0.124E-10	-0.675E+00	0.127E-01	0.125E-10	
75.	-0.481E+00	0.134E-06	0.219E-01	-0.481E+00	0.906E-02	0.222E-01	
100.	0.556E-09	-0.153E-15	0.319E-01	0.556E-09	-0.104E-10	0.323E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.103E-01	0.0	0.0	-0.107E-01	
25.	-0.481E+00	0.127E-06	-0.709E-02	-0.481E+00	0.932E-02	-0.738E-02	
50.	-0.675E+00	0.180E-06	0.400E-11	-0.675E+00	0.131E-01	0.417E-11	
75.	-0.481E+00	0.127E-06	0.709E-02	-0.481E+00	0.932E-02	0.738E-02	
100.	0.556E-09	-0.145E-15	0.103E-01	0.556E-09	-0.108E-10	0.107E-01	

ELEMENT 8

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.103E-01	0.0	0.0	-0.107E-01	
25.	-0.481E+00	0.127E-06	-0.709E-02	-0.481E+00	0.932E-02	-0.738E-02	
50.	-0.675E+00	0.180E-06	0.400E-11	-0.675E+00	0.131E-01	0.417E-11	
75.	-0.481E+00	0.127E-06	0.709E-02	-0.481E+00	0.932E-02	0.738E-02	
100.	0.556E-09	-0.145E-15	0.103E-01	0.556E-09	-0.108E-10	0.107E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.112E-01	0.0	0.0	0.108E-01	
25.	-0.481E+00	0.120E-06	0.772E-02	-0.481E+00	0.958E-02	0.744E-02	
50.	-0.675E+00	0.170E-06	-0.436E-11	-0.675E+00	0.134E-01	-0.420E-11	
75.	-0.481E+00	0.120E-06	-0.772E-02	-0.481E+00	0.958E-02	-0.744E-02	
100.	0.556E-09	-0.137E-15	-0.112E-01	0.556E-09	-0.111E-10	-0.108E-01	

VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :

ELEMENT 9

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	0.112E-01	0.0	0.0	0.108E-01	
25.	-0.481E+00	0.120E-06	0.772E-02	-0.481E+00	0.958E-02	0.744E-02	
50.	-0.675E+00	0.170E-06	-0.436E-11	-0.675E+00	0.134E-01	-0.420E-11	
75.	-0.481E+00	0.120E-06	-0.772E-02	-0.481E+00	0.958E-02	-0.744E-02	
100.	0.556E-09	-0.137E-15	-0.112E-01	0.556E-09	-0.111E-10	-0.108E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	0.328E-01	0.0	0.0	0.324E-01	
25.	-0.481E+00	0.113E-06	0.225E-01	-0.481E+00	0.984E-02	0.223E-01	
50.	-0.675E+00	0.160E-06	-0.127E-10	-0.675E+00	0.138E-01	-0.126E-10	
75.	-0.481E+00	0.113E-06	-0.225E-01	-0.481E+00	0.984E-02	-0.223E-01	
100.	0.556E-09	-0.130E-15	-0.328E-01	0.556E-09	-0.114E-10	-0.324E-01	

ELEMENT 10

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	-0.323E-01	0.0	0.0	-0.335E-01	
25.	-0.481E+00	0.906E-02	-0.222E-01	-0.481E+00	0.181E-01	-0.231E-01	
50.	-0.675E+00	0.127E-01	0.125E-10	-0.676E+00	0.255E-01	0.130E-10	
75.	-0.481E+00	0.906E-02	0.222E-01	-0.481E+00	0.181E-01	0.231E-01	
100.	0.556E-09	-0.104E-10	0.323E-01	0.557E-09	-0.209E-10	0.335E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	
0.	0.0	0.0	-0.107E-01	0.0	0.0	-0.120E-01	
25.	-0.481E+00	0.932E-02	-0.738E-02	-0.482E+00	0.186E-01	-0.824E-02	
50.	-0.675E+00	0.131E-01	0.417E-11	-0.676E+00	0.262E-01	0.466E-11	
75.	-0.481E+00	0.932E-02	0.738E-02	-0.482E+00	0.186E-01	0.824E-02	
100.	0.556E-09	-0.108E-10	0.107E-01	0.557E-09	-0.215E-10	0.120E-01	

VERFORMUNGEN LAENGS DER KNOTENLINIEN :

*** ** ** ** **

ELEMENT 11

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	-0.107E-01	0.0	0.0	-0.120E-01	
25.	-0.481E+00	0.932E-02	-0.738E-02	-0.482E+00	0.186E-01	-0.824E-02	
50.	-0.675E+00	0.131E-01	0.417E-11	-0.676E+00	0.262E-01	0.466E-11	
75.	-0.481E+00	0.932E-02	0.738E-02	-0.482E+00	0.186E-01	0.824E-02	
100.	0.556E-09	-0.108E-10	0.107E-01	0.557E-09	-0.215E-10	0.120E-01	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.108E-01	0.0	0.0	0.953E-02	
25.	-0.481E+00	0.958E-02	0.744E-02	-0.482E+00	0.192E-01	0.656E-02	
50.	-0.675E+00	0.134E-01	-0.420E-11	-0.676E+00	0.269E-01	-0.371E-11	
75.	-0.481E+00	0.958E-02	-0.744E-02	-0.482E+00	0.192E-01	-0.656E-02	
100.	0.556E-09	-0.111E-10	-0.108E-01	0.557E-09	-0.222E-10	-0.953E-02	

ELEMENT 12

KNOTENLINIE 1				KNOTENLINIE 4			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.108E-01	0.0	0.0	0.953E-02	
25.	-0.481E+00	0.958E-02	0.744E-02	-0.482E+00	0.192E-01	0.656E-02	
50.	-0.675E+00	0.134E-01	-0.420E-11	-0.676E+00	0.269E-01	-0.371E-11	
75.	-0.481E+00	0.958E-02	-0.744E-02	-0.482E+00	0.192E-01	-0.656E-02	
100.	0.556E-09	-0.111E-10	-0.108E-01	0.557E-09	-0.222E-10	-0.953E-02	

KNOTENLINIE 2				KNOTENLINIE 3			
=====				=====			
Z	U	V	W	U	V	W	

0.	0.0	0.0	0.324E-01	0.0	0.0	0.311E-01	
25.	-0.481E+00	0.984E-02	0.223E-01	-0.482E+00	0.197E-01	0.214E-01	
50.	-0.675E+00	0.138E-01	-0.126E-10	-0.676E+00	0.276E-01	-0.121E-10	
75.	-0.481E+00	0.984E-02	-0.223E-01	-0.482E+00	0.197E-01	-0.214E-01	
100.	0.556E-09	-0.114E-10	-0.324E-01	0.557E-09	-0.228E-10	-0.311E-01	

SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT :

ELEMENT 1

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.362E+02	0.0	0.142E+02
25.	-0.850E-01	0.139E+02	0.105E+04	-0.189E+02	0.912E+00	0.763E+01
50.	-0.228E-01	0.175E+02	0.140E+04	0.110E-07	0.119E+01	-0.438E-08
75.	-0.850E-01	0.139E+02	0.105E+04	0.189E+02	0.912E+00	-0.763E+01
100.	0.741E-09	-0.215E-07	-0.143E-05	0.362E+02	-0.104E-08	-0.142E+02

ELEMENT 2

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.660E+02	0.0	-0.137E+01
25.	-0.669E+00	-0.376E+00	0.277E+02	-0.345E+02	-0.274E+01	-0.713E+00
50.	-0.602E+00	-0.476E+00	0.370E+02	0.201E-07	-0.338E+01	0.416E-09
75.	-0.669E+00	-0.376E+00	0.277E+02	0.345E+02	-0.274E+01	0.713E+00
100.	0.305E-08	0.602E-09	-0.377E-07	0.660E+02	0.457E-08	0.137E+01

ELEMENT 3

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.359E+02	0.0	-0.173E+02
25.	-0.144E+01	-0.146E+02	-0.997E+03	-0.188E+02	0.111E+01	-0.923E+01
50.	-0.141E+01	-0.183E+02	-0.133E+04	0.110E-07	0.144E+01	0.531E-08
75.	-0.144E+01	-0.146E+02	-0.997E+03	0.188E+02	0.111E+01	0.923E+01
100.	0.563E-08	0.227E-07	0.135E-05	0.359E+02	-0.135E-08	0.173E+02

ELEMENT 4

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.247E+02	0.0	0.863E+01
25.	0.702E+00	0.155E+02	0.101E+04	-0.128E+02	-0.205E+00	0.465E+01
50.	0.994E+00	0.193E+02	0.135E+04	0.750E-08	-0.225E+00	-0.266E-08
75.	0.702E+00	0.155E+02	0.101E+04	0.128E+02	-0.205E+00	-0.465E+01
100.	-0.497E-09	-0.251E-07	-0.138E-05	0.247E+02	0.517E-09	-0.863E+01

SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT :

ELEMENT 5

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.455E+02	0.0	-0.113E+01
25.	-0.479E+00	-0.530E+00	-0.121E+02	-0.236E+02	-0.569E-02	-0.591E+00
50.	-0.310E+00	-0.649E+00	-0.162E+02	0.138E-07	0.312E-01	0.344E-09
75.	-0.479E+00	-0.530E+00	-0.121E+02	0.236E+02	-0.569E-02	0.591E+00
100.	0.286E-08	0.945E-09	0.164E-07	0.455E+02	0.297E-09	0.113E+01

ELEMENT 6

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.245E+02	0.0	-0.110E+02
25.	-0.176E+01	-0.161E+02	-0.104E+04	-0.127E+02	-0.253E+00	-0.587E+01
50.	-0.175E+01	-0.201E+02	-0.138E+04	0.744E-08	-0.300E+00	0.337E-08
75.	-0.176E+01	-0.161E+02	-0.104E+04	0.127E+02	-0.253E+00	0.587E+01
100.	0.635E-08	0.264E-07	0.141E-05	0.245E+02	0.558E-09	0.110E+02

ELEMENT 7

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.247E+02	0.0	-0.863E+01
25.	0.702E+00	0.135E+02	0.101E+04	-0.128E+02	0.205E+00	-0.465E+01
50.	0.994E+00	0.193E+02	0.135E+04	0.750E-08	0.225E+00	0.266E-08
75.	0.702E+00	0.135E+02	0.101E+04	0.128E+02	0.205E+00	0.465E+01
100.	-0.497E-09	-0.251E-07	-0.138E-05	0.247E+02	-0.517E-09	0.863E+01

ELEMENT 8

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)

0.	0.0	0.0	0.0	-0.455E+02	0.0	0.113E+01
25.	-0.479E+00	-0.530E+00	-0.121E+02	-0.236E+02	0.575E-02	0.591E+00
50.	-0.310E+00	-0.649E+00	-0.162E+02	0.138E-07	-0.311E-01	-0.344E-09
75.	-0.479E+00	-0.530E+00	-0.121E+02	0.236E+02	0.575E-02	-0.591E+00
100.	0.286E-08	0.945E-09	0.164E-07	0.455E+02	-0.297E-09	-0.113E+01

SPANNUNGEN AUF MITTE ELEMENT :

ELEMENT 9

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)
0.	0.0	0.0	0.0	-0.245E+02	0.0	0.110E+02
25.	-0.176E+01	-0.101E+02	-0.104E+04	-0.127E+02	0.253E+00	0.587E+01
50.	-0.175E+01	-0.201E+02	-0.138E+04	0.744E-08	0.300E+00	-0.337E-08
75.	-0.176E+01	-0.101E+02	-0.104E+04	0.127E+02	0.253E+00	-0.587E+01
100.	0.635E-08	0.264E-07	0.141E-05	0.245E+02	-0.558E-09	-0.110E+02

ELEMENT 10

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)
0.	0.0	0.0	0.0	-0.362E+02	0.0	-0.142E+02
25.	-0.851E-01	0.139E+02	0.105E+04	-0.189E+02	-0.912E+00	-0.703E+01
50.	-0.229E-01	0.175E+02	0.140E+04	0.110E-07	-0.119E+01	0.438E-08
75.	-0.851E-01	0.139E+02	0.105E+04	0.189E+02	-0.912E+00	0.703E+01
100.	0.742E-09	-0.215E-07	-0.143E-05	0.362E+02	0.104E-08	0.142E+02

ELEMENT 11

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)
0.	0.0	0.0	0.0	-0.660E+02	0.0	0.137E+01
25.	-0.669E+00	-0.376E+00	0.277E+02	-0.345E+02	0.274E+01	0.713E+00
50.	-0.602E+00	-0.476E+00	0.370E+02	0.201E-07	0.338E+01	-0.416E-09
75.	-0.669E+00	-0.376E+00	0.277E+02	0.345E+02	0.274E+01	-0.713E+00
100.	0.305E-08	0.602E-09	-0.377E-07	0.660E+02	-0.457E-08	-0.137E+01

ELEMENT 12

Z	SIG(R)	SIG(T)	SIG(Z)	TAU(R,Z)	TAU(R,T)	TAU(T,Z)
0.	0.0	0.0	0.0	-0.359E+02	0.0	0.173E+02
25.	-0.144E+01	-0.146E+02	-0.997E+03	-0.188E+02	-0.111E+01	0.923E+01
50.	-0.141E+01	-0.183E+02	-0.133E+04	0.110E-07	-0.144E+01	-0.531E-08
75.	-0.144E+01	-0.146E+02	-0.997E+03	0.188E+02	-0.111E+01	-0.923E+01
100.	0.563E-08	0.227E-07	0.135E-05	0.359E+02	0.135E-08	-0.173E+02

STOP

ENDE STDHP 9.46